

参赛密码 _____
(由组委会填写)

第十二届“中关村青联杯”全国研究生
数学建模竞赛

学 校	浙江工商大学
参赛队号	10353007
队员姓名	1. 赵 帅
	2. 徐陈敏
	3. 周书敏

参赛密码 _____

(由组委会填写)



第十二届“中关村青联杯”全国研究生 数学建模竞赛

题 目

旅游路径规划问题

摘 要：

本文主要采用了最短路径法、多目标线性规划等方法，为常住在某地的自驾旅游爱好者设计在各种约束条件下的最优旅游路线规划方案。

在问题一中，为了给常住西安的旅游爱好者规划旅游路线，得到游遍国家旅游局公布的 201 个 5A 级景区所需的时间，以及每次旅游具体的行程，我们需要建立合适的数学模型。在求解最优解时，我们采用的是先局部后全局的处理方式。这样做的现实依据是，每次游玩的目标景区在地理空间上能被集中在一块，这样能够节省旅游爱好者的时间和精力。基于此，我们首先根据附件 1 中已给出的国家旅游局公布的 5A 级景区及相关信息，以省份为分类依据，将所有的 5A 级景区划分为 31 类；其次，用最短路径法中的经典算法—Dijkstra 算法运算得到游遍每个省份类中的 5A 级景区的最短路径，同时也得到了最少用时；得到局部最优解后，我们先假设每一次旅游只去一个省份类，提出了一个简单的省份类游览顺序选择算法，并编写算法得到此情况下的最优解。此外，由于每次的旅游也可以去多个省份，所以我们模仿普利姆算法构建最小生成树的原理改进了简单的算法，得到了改进后的省份类游览顺序选择算法，并求得了最优解。对比后发现，利用简单的省份类游览顺序选择算法游遍 201 个 5A 级景区至少需要 12 年，而改进后的算法至少需要 10 年，故改进后的算法明显优于简单的算法，最后得到结论：游遍 201 个 5A 级景区至少需要 10 年。

在问题二中，旅游者可以选择先乘坐高铁或飞机到达省会城市后再租车自驾到景区的出行方式，与上问相同，也要设计出游完 201 个 5A 级景区的最优路线。在此题中，不仅需要考虑到路径最短、费用最优，并且要使旅游体验最好。为了得到多个目标的最优解，我们假设旅游路线长短和所花费用成正比，那么，问题可以简化为：在已知路径最优的情况下，选择合适的每次出游出行方式，从而使所需的费用最优，并且旅游体验最好。首先，可以把每一次出游途径的景区所属的省份归为一类，那么可将 31 个省份划分为 24 类；其次，沿用上题中利用最短路径法求得的旅游顺序；最后，通过网上查找相关省会间各类出行方式的票价，整合《附件 4-若干省会城市之间的高铁相关信息》和《附件 5-省会城市之间的全价机票信息》等数据，使用 MATLAB 软件求解多目标线性问题，求出最佳的出行方式。得到最优车票总费用约为 76057 元；最短路途用时为 5527 分钟；观光时间占总时间比例累计达 16.1896。根据该行程安排，十年游遍所有 201 个 5A 景区，费用最优为 301941 元。具体线路安排请见附件一表 5-5。

在问题三中，常住地不再限制于西安，要设计出可为全国的自驾游爱好者规划最优的旅游线路的方法，并以常住地在北京市的自驾游爱好者为例，给出他一家 3 人最优的十年旅游计划。具体求解思路与问题二一致，但根据问题性质，首先要对第二问的模型进行推广，使其能够适用于全国任何常住地；其次，根据该推广后的省份类游览顺序选择算法进行聚类，获得较优的旅游路线。继而在耗时最短的前提下，设计出费用最优、旅游体验最好的旅游路线；再者，利用所推广的模型，给出常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划，在该题中，每次旅途的费用最少为 64047 元；耗时最短约 7239 分钟；观光时间占总时间比例累计达到 15.3918。最后，综合上面的结果给旅游爱好者和旅游有关部门提出建议。总的来说，高铁的出行方式优于乘坐飞机也优于自驾，尤其去离常住地近的地方旅游时，并不建议选择自驾；旅游规划设计单位在设计旅行路线时，可推出全省内 5A 级景区门票套票以方便消费者，旅行有关部门还可以推出线路大巴，简化大量自驾带来的交通压力，从而提高景区环境舒适度。

在问题四中，我们需要考虑附件 7-国家 AAAA 级旅游景区的名单，找出更为合理的十年旅游计划。旅游爱好者在游完 5A 景点的情况下，再去游览一定数量的 4A 景点，可以更合理地利用出行的时间。首先，根据第三题中该旅游爱好者每年的游览路径，并结合附录一表 6-3，我们可以得出单次旅游剩余时间和年剩余时间情况表；其次，由于在 5A 级景区所在的城市就近选取 4A 级景区可以大大的节省路途时间，并能游览尽量多的 4A 级景区，根据此思路，我们综合考虑游览 4A 级景区，在保证现有路径中有足够的时间来添加 4A 级景区的基础上，制定出更加合理的十年旅游计划。

关键词：最短路径；旅游路线规划；局部优化；多目标线性规划

目 录

一、问题重述.....	- 1 -
1.1 研究背景.....	- 1 -
1.2 研究问题.....	- 1 -
二、符号说明和基本假设.....	- 2 -
2.1 符号说明.....	- 2 -
2.2 基本假设.....	- 2 -
三、问题分析.....	- 3 -
四、问题一.....	- 4 -
4.1 解题思路概述.....	- 4 -
4.2 图论相关理论.....	- 4 -
4.2.1 最短路径概念及方法.....	- 4 -
4.2.2 最小生成树概念及方法.....	- 5 -
4.3 数据处理.....	- 6 -
4.4 模型的建立与求解.....	- 7 -
4.4.1 以浙江类为例求游遍各省份类的最少时间.....	- 7 -
4.4.2 简单的省份类游览顺序选择算法.....	- 10 -
4.4.3 改进的省份类游览顺序选择算法.....	- 11 -
4.5 结果对比及评价.....	- 12 -
五、问题二.....	- 15 -
5.1 解题思路概述.....	- 15 -
5.2 多目标线性规划.....	- 15 -
5.2.1 多目标线性规划的概念.....	- 15 -
5.2.2 多目标线性规划的求解方法.....	- 16 -
5.3 数据处理.....	- 17 -
5.4 模型的建立与求解.....	- 18 -
5.4.1 以浙江类为例求每一次旅游的最优费用.....	- 18 -
5.4.2 利用多目标线性规划求全局最优.....	- 19 -
5.5 结果分析及评价.....	- 21 -
六、问题三.....	- 23 -
6.1 解题思路概述.....	- 23 -
6.2 模型推广.....	- 23 -
6.2.1 推广改进的省份类游览顺序选择算法.....	- 23 -
6.2.2 推广第二问所建立的模型.....	- 23 -
6.3 常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划.....	- 25 -
6.4 建议.....	- 29 -
6.4.1 给旅游爱好者的建议.....	- 29 -
6.4.2 给旅游规划设计单位的建议.....	- 29 -
七、问题四.....	- 31 -
7.1 解题思路概述.....	- 31 -
7.2 数据处理.....	- 31 -
7.3 模型的建立与求解.....	- 31 -
7.4 结果分析及评价.....	- 33 -
八、总结和展望.....	- 34 -
8.1 总结.....	- 34 -
8.2 展望.....	- 35 -
九、参考文献.....	- 36 -
附录一：.....	- 37 -
附录二：.....	- 97 -

一、问题重述

1.1 研究背景

随着我国社会经济的快速发展，人们物质生活水平得到很大提升，越来越多的人积极参与有益于身心健康的旅游活动。在这样的需求刺激下，大大小小的旅行社开始层出不穷。旅游活动也正在渐渐地成为全球经济发展的重要动力之一，它将加速国际资金流转和信息、技术管理的传播，创造高效率消费行为模式、需求和价值等。

现在的旅行社为消费者安排好旅游路线和住宿，为旅游爱好者带来便利，然而这种传统的参团旅游方式却由于刻板机械的行程设定，走马观花、赶场式的观光节奏越来越不能满足消费者的需求。而自驾旅游既具备灵活又有个性，近年来越发受到人们的欢迎。

对于自助旅游者而言，通常采用自驾车的交通方式。然而，采用这种交通方式也要自己安排食宿，而旅游爱好者的时间、精力以及金钱等资源都有限，如果没有合理的旅游路线规划，那么在旅途过程中将不能得到最好的旅途享受。因此在出发前，自助旅游者有必要对旅游行程做出最优的设计，从而达到最好的旅游效果。

1.2 研究问题

问题一：已知一名旅游爱好者每年有不超过 30 天的外出旅游时间，每年外出旅游的次数不超过 4 次，每次旅游的时间不超过 15 天。且基于个人旅游偏好该旅游爱好者已经确定了在每个 5A 级景区最少的游览时间。现在，这位自驾游爱好者拟游完国家旅游局公布的 201 个 5A 级景区，假设该旅游者的常住地为西安，建立数学模型规划出最优的旅游路线，确定游完所有景点所需的时间以及每次旅游的具体行程（包含每一天的出发地、行车时间、行车里程、游览景区；若有必要，其他更详细表达请另列附件）。

问题二：随着各种旅游服务业的发展，在所述全程自驾这一方式上，增加可以先乘坐高铁或飞机到达省会城市后再租车自驾到景区的出行方式。这些出行方式可以节省一些路途时间用于景区游览或休闲娱乐，但这种出行方式也会给旅游者带来一些不便，有时费用也会增加。现假设该旅游爱好者一家 3 人同行，综合考虑前述全程自驾、先乘坐高铁或飞机到达省会城市后再租车自驾到景区等出行方式，建立合适的模型，从而设计出一个在十年内游遍 201 个 5A 级景区、费用最优、旅游体验最好的旅游线路，并给出每一次旅游的具体线路。（含每次具体出行方式；每一天的出发地、费用、路途时间、游览景区、每个景区的游览时间）。

问题三：在求解第二问的基础上，对第二问的模型进行推广，为全国的自驾游爱好者规划最优的旅游线路，进而给出常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划。最后，根据上述结果给旅游爱好者和旅游有关部门提出合理的建议。

问题四：由于在游完全部 201 个 5A 级景区后，每年都还有剩余的旅游时间，如果将这些时间合理利用起来，将可以很好地丰富旅游爱好者的旅途生活。现在要求在游遍原先的 201 个 5A 级景区的基础上，增加安排游览 4A 级景区，从而找出更为合理的十年旅游计划。

二、符号说明和基本假设

2.1 符号说明

表 2.1 符号说明

参数符号	符号说明
J_i	浙江类 5A 级景点
$D[i][j]$	表示 i 点到 j 点所需的天数
$T[j]$	表示该旅游爱好者在 j 点游览的时间。
$(V_{1,1}, T_{1,1})$	第一次旅游自驾所需的费用和时间。
L_1	第一次旅游类中租车自驾的总路途时间
G_1	第一次旅游类中的总观光时间
C_1	第一次旅游类中的总最少费用
$X_{i,j}$	第 i 次旅游选择 j 出行方式
s_p, s_{i1}, s_{i2} ..., s_{is}, s_q	s_p 和 s_q 之间的最短路径
A_i	s 到 s_i 弧上的权值
f	目标函数
其他未列出符号在文中另附说明	

2.2 基本假设

假设一：我们假设题目所给参考数据文件中数据都是真实有效的数据，来源可靠，且能作为预测和检验模型好坏的样本；

假设二：我们假设收集到的数据不存在误差非常大的数据；

假设三：我们假设出省旅游时，首先到的都是该省的省会城市；

假设四：我们假设问题一中在行车线路的设计上采用高速优先的策略，即先通过高速公路到达与景区邻近的城市，再自驾到景区。不考虑城市间的公交线路拥堵等造成的特殊情况；

假设五：我们假设假定景区之间的直线距离的远近排序可以代替实际行车距离远近的排序；

假设六：我们假设行车时间 $t < 4$ 小时将不予考虑； $4 \text{ 小时} < t < 8 \text{ 小时}$ ，作为半天考虑， $t > 8 \text{ 小时}$ 则作为一天考虑；

假设七：我们假设从出发地出发和回到出发地选择的出行方式一致，且费用一致。另外，旅游路线长短和所花费费用成正比。

三、问题分析

本文研究的是旅游路线规划问题的建模，根据现有景点数量及空间位置、不同交通方式的费用和用时，以及油费、住宿费、租车费等数据，科学合理地为某旅游爱好者提供 10 年内游完 201 个 5A 级景区的最佳路线安排。

问题一，要求在不考虑花费的情况下，建立合适的数学模型，为常住在西安市的某旅游爱好者规划旅游路线，确定游遍 201 个 5A 级景区所要耗费的年数并给出具体行程。由于直接用全局最优的方式求解过于复杂，为了简化研究，我们采取先局部最优再全局最优的方式对问题进行建模。首先，以省份为分类依据，将所有的 5A 级景区划分为 31 类；其次，从局部出发，用 Dijkstra 算法求出游遍每个省份类的 5A 级景区的最短路径（即最少用时）；再者，省份类游览顺序的不同，会导致游遍 201 个 5A 级景区的总体时间也有所不同，因此我们先提出一个简单的省份类游览顺序选择算法，即每一次旅游只去一个省份类，根据省会之间来回时间以及在省份类中游览时间之和的大小进行选择，先选择所需时间最少的。在此基础上，模仿普利姆算法构建最小生成树的原理，提出了一个改进的省份类游览顺序选择算法，在这种算法中，每一次旅游可能会去多个省份类，所花的用时将会更少；最后，通过对比分析，得到问题一的具体行程及所耗年数。

问题二，该问题在前一问的基础上增加了出游方式的选择，并将旅游中涉及的各种费用考虑进去，要求规划出费用最优，耗时 ≤ 10 年的，让该旅行爱好者一家三口得到最好体验的旅游路线。由于各省份类内旅游线路所需要耗费的住宿费、租车费用和油耗加过路费是和路径长短成正比的，问题一中所求的最短路径也就是费用最优的路径。因此，问题可以简化为：在每一次旅游中，选择合适的出行方式，从而使所需的费用最优，并且旅游体验最好。在此题中，我们主要用的是多目标线性规划的方法。首先，将问题一中的每一次出游看作一类，可将 31 个省份分为 24 类；其次，利用最短路径法求各个一次旅游路线类的最优费用；最后，使用多目标线性规划的方法，以景点最少游览时间（见附件 1）、每年出游天数 ≤ 30 天、每次出游时间 ≤ 15 天、每年出游次数 ≤ 4 次等为约束条件，利用 MATLAB 得出线性方程组的最优解。

问题三，要求在第二问所建立的模型的基础上进行推广，为全国的自驾游爱好者规划类似的旅游线路。在此模型下，给出常住地为北京市的自驾游爱好者十年的旅游计划。为了解决问题三，首先我们对问题一中提出的改进的省份类游览顺序选择算法进行推广，使其能够适用于全国任何常住地；其次，根据该推广后的省份类游览顺序选择算法进行聚类，可以获得较优的旅游路线。继而设计出费用最优、旅游体验最好的旅游路线；再者，利用所推广的模型，给出常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划；最后，综合上面的问题解答结果给旅游爱好者和旅游有关部门提出建议。

问题四，附件 7 给出了国家旅游局官网上收集的国家 4A 级景区名单，该题要求我们利用这份名单，使上面所得出的最优路线规划更加合理。我们的想法是，旅游爱好者可以在游完 5A 景点的情况下，再去游览一定数量的 4A 景点，以期合理利用剩余的时间。首先，根据问题三的结果算出每次旅游后剩余的时间以及每年旅游后剩余的时间；其次，我们以浙江省所在的出游年次为例，增加票价低、又与 5A 景点距离近的 4A 景点，来制定更为合理的十年旅游计划。

四、问题一

4.1 解题思路概述

这部分，我们将详细介绍如何能用最少的时间游遍 201 个 5A 级景区。主要思路如下：首先，由于全局最优可以先进行局部最优然后再进行全局优化，所以我们先以省份为分类依据将 201 个 5A 级景区划分成 31 类；其次，再利用最短路径法求游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间；再者，省份类游览顺序的不同，将导致游遍 201 个 5A 级景区所用的时间不同。我们先提出一个简单的省份类游览顺序选择算法，然后再在此基础上，模仿普利姆算法构建最小生成树的原理，提出了一个改进的省份类游览顺序选择算法；最后，对改进前后的省份类游览顺序选择算法进行对比分析，并回答问题一。

问题一的解题思路流程如下所示：

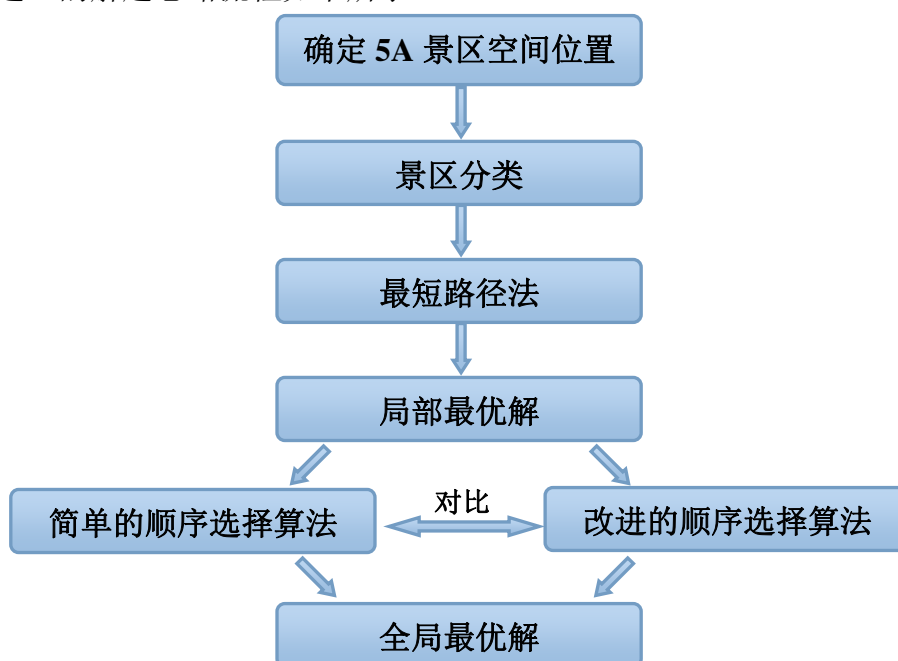


图 4.1 第四部分思路流程图

4.2 图论相关理论

4.2.1 最短路径概念及方法

最短路径法是用于计算一个节点到其他所有节点的最短路径，主要特点是以起始点为中心向外层层扩展，直到扩展到终点为止。

定理：设有向图 D 中的两点 s_p 和 s_q 之间的最短路径为 $s_p, s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{is}, s_q$ ，则对于这条路径上的任意一点 $s_{ik} (1 \leq k \leq a)$ ，路径 $s_p, s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ik}$ 为顶点 s_p 到 s_{ik} 的最短距离^[2]。

基于此定理，Dijkstra 给出了按路径长度递增的次序产生最短路径的算法，即当前正在生成的最短路径上除终点外，从源点到其余各点的最短路径均已生成。Dijkstra 算法基本步骤如下^[3]：

(1) 首先，引进辅助向量 A ，则分量 A_i 表示当前所找到的从始点 s_0 到每个终点 s_i 的最短路径的长度。其初值如下：若从 s 到 s_i 有弧，则 A_i 为弧上的权值；否

则置为 ∞ ，则长度为： $A_j = \min\{A_i | s_i \in S\}$ 的路径就是从 s_0 出发的长度最短的一条最短路径，即 (s_0, s_j) 。

(2) 依次类推，假设某次最短路径的终点为 s_k ，则这条路径是 (s_0, s_k) 或者 (s_0, s_j, s_k) 。其长度为 s 到 s_k 的弧上的权值，或者是 A_j 和从 s_j 到 s_k 的弧上的权值之和。

最短距离法另外一种比较常见的算法是 Floyd 算法，这种方法是对每一对顶点之间计算最短路径，也称为插点法，可以用来求解任意两点之间的最短路径，其特点是可以正确处理赋权图的最短路径问题。

设图 $A = (S, E)$ ， $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ，求顶点 s_i 和 s_j 之间的最短路径 $(1 \leq i, j \leq n)$ 。若 s_i 和 s_j 之间有弧存在，则存在一条长度为 ω_{ij} 的路径，但该路径不一定是最短路径，需要进行试探。

Floyd 算法基本步骤如下^[1]：

(1) 初始时设置一个 n 阶的方阵 B ，对角线上的元素为零。若有弧 (s_i, s_j) ，则令 $B_{ij} = \omega_{ij}$ ， $Path_{ij} = \{s_i, s_j\}$ ；否则 $B_{ij} = \infty$ ， $Path_{ij} = \{\}$ ，令 $k = 1$ 。

(2) 如果有 $B_{ij} > B_{ik} + B_{kj}$ ，则令 $B_{ij} = B_{ik} + B_{kj}$ ， $Path_{ij} = Path_{ik} + Path_{kj}$ （“+”表示路径的拼接）。

(3) $k = k + 1$ 。

(4) 重复步骤 (2)、(3)，直到 $k = n + 1$ 时，Floyd 算法结束。

最后， B_{ij} 即为顶点 s_i 到 s_j 的最短路径长度， $Path_{ij}$ 则是从顶点 s_i 到 s_j 的最短路径。

4.2.2 最小生成树概念及方法

最小生成树就是在一个具有 n 个顶点的带权连通图 G 中，如果存在某个子图包含了图 G 中的所有顶点和一部分边，且不形成回路，并且子图的各边权值之和最小，记这样的子图为 G' ，且称 G' 为图 G 的最小生成树^[6]。

其特点为，首先，最小生成树不能有回路；其次，最小生成树可能是一个，也可能是多个；最后，最小生成树边的个数等于顶点的个数减一。

最常用的最小生成树算法为克鲁斯卡尔算法和普利姆算法。

克鲁斯卡尔算法的核心思想^[4]是：在带权连通图中，不断地在边集合中找到最小的边，如果该边满足得到最小生成树的条件，就将其构造，直到最后得到一颗最小生成树。其具体执行步骤^[7]如下：

(1) 在带权连通图中，将边的权值排序；

(2) 判断是否需要选择这条边（此时图中的边已按权值从小到大排好序）。判断的依据是边的两个顶点是否已连通，如果连通则继续下一条；如果不连通，那么就选择使其连通；

(3) 循环第二步，直到图中所有的顶点都在同一个连通分量中，即得到最小生成树。

普利姆算法的核心步骤^[4,8]是：在带权连通图中，从图中某一顶点 v 开始，此时集合 $U = \{v\}$ ，重复执行下述操作：在所有 $v \in U$ ， $w \in V - U$ 的边 $(u, w) \in E$ 中找到一条权值最小的边，将 (u, w) 这条边加入到已找到边的集合，并且将点 w 加入到集合 U 中，当 $U = V$ 时，就找到了这颗最小生成树。算法简述如下：

- (1) 输入：一个加权连通图，其中顶点集合为 V ，边集合为 E ；
- (2) 初始化： $V_{\text{new}} = \{x\}$ ，其中 x 为集合 V 中的任一节点(起始点)， $E_{\text{new}} = \{\}$ 为空；
- (3) 重复：①在集合 E 中选取权值最小的边 $\langle u, v \rangle$ ，其中 u 为集合 V_{new} 中的元素，而 v 不在 V_{new} 集合当中，并且 $v \in V$ （如果存在有多条满足前述条件即具有相同权值的边，则可任意选取其中之一）；②将 v 加入集合 V_{new} 中，将 $\langle u, v \rangle$ 边加入集合 E_{new} 中；③直到 $V_{\text{new}} = V$ 。
- (4) 输出：使用集合 V_{new} 和 E_{new} 来描述所得到的最小生成树。

4.3 数据处理

为了先对 201 个 5A 级景区有个直观的了解，我们先在地图上将 201 个 5A 级景区标出，如图 4.2 所示。从图中可以看出，201 个 5A 级景区分布较广，为了简化问题，我们可以先对 201 个 5A 级景区按照所在省份进行分类，共能分成 31 类。由于个别省份的 5A 级景区较多，为了简化问题，我们将这些省份的部分 5A 级景区分给了与这些 5A 级景区最相近的省份。例如，江苏省的 5A 级景区有 19 个，题中给出的旅游爱好者至少需要游览时间是 12 天，再加上该旅游爱好者在每一个省会城市至少停留 24 小时以安排专门时间去游览城市特色建筑和体验当地风土人情，所以至少需要 13 天。加上该旅游爱好者从陕西省西安到达江苏省南京，至少需要 1 天的车程，来回至少需要 2 天的车程，再加上在旅游景点之间的行车时间，一定会超过 15 天，所以江苏省就不能一次性完成。为了简化问题，由于江苏省苏州的 6 个 5A 级景区都非常靠近上海，且上海的 5A 级景区只有 3 个，所以我们就将江苏省苏州的 6 个 5A 级景区都划分给了上海，从而江苏省类的至少旅游时间缩短到了 9 天，而上海省类的至少旅游时间增加到了 7 天。根据第二步利用最短路径法求游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间，可以得到游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间表，如附件一表 4-1 所示（详细数据的求解过程请参照下文）。



图 4.2 全国 201 个 5A 级景区的分布情况

第二步是利用最短路径法求游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间，所以我们先以浙江省为例来求游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间。利用百度地图，根据两个 5A 级景区之间的公路信息，经过数据查询，得到浙江省内各 5A 级景区间的距离信息表，如表 4-2 所示。表中 J_i ($i = 1, 2, \dots, 12$) 分别代表杭州西湖风景区、温州乐清市雁荡山风景区、舟山普陀山风景区、杭州淳安千岛湖风景区、嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区、宁波奉化溪口—滕头旅游景区、金华东阳横店影视城景区、嘉兴南湖旅游区、杭州西溪湿地旅游区、绍兴市鲁迅故里—沈园景区、衢州市开化根宫佛国文化旅游区和湖州市南浔区南浔古镇景区。

表 4-2 浙江省内各 5A 级景区的距离信息表 单位：公里

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}
J_1	0	227	220	128	66	135	123	82	6	52	129	76
J_2	227	0	217	241	268	149	110	266	232	186	273	283
J_3	220	217	0	328	200	101	216	175	225	172	398	214
J_4	128	241	328	0	193	229	143	2050	127	160	77	196
J_5	66	268	200	193	0	144	179	26	61	179	272	16
J_6	135	149	101	229	144	0	117	133	147	90	298	158
J_7	123	110	216	143	179	117	0	180	127	92	194	186
J_8	82	266	175	2050	26	133	180	0	82	80	290	34
J_9	6	232	225	127	61	147	127	82	0	63	205	78
J_{10}	52	186	172	160	179	90	92	80	63	0	191	186
J_{11}	129	273	398	77	272	298	194	290	205	191	0	274
J_{12}	76	283	214	196	16	158	186	34	78	186	274	0

第三步要提出省份类游览顺序选择算法，所以需要先知道陕西西安到其他各省份类的距离以及时间。为了求解方便，我们假设该旅游爱好者去某个省份旅游时，先到达该省的省会城市，然后再进行省份类中 5A 级景区的游览。因此，这里求陕西西安到其他各省份类的距离可以直接利用《附件 3-省会城市间道路信息》中的数据进行计算。经计算，求得陕西西安到其他各省份类的时间如附件一表 4-3 所示。

4.4 模型的建立与求解

4.4.1 以浙江类为例求游遍各省份类的最少时间

由题意可知，从浙江类中的 5A 级景区情况来看，不考虑费用的情况下，使得所需的时间最短，则每次选择下一个 5A 级景区时，需要考虑两者之间的距离，选择距离最短的路径，可以使得汽车行驶时间最短。因此，我们将使用最短路径法处理该问题。

本文选择 Dijkstra 算法来求最短路径，且编写求最短路径代码如附件二中代码 Dijkstra.cpp 所示。只要在代码运行框中输入相应的顶点数、边数、每条边的方向及权重、出发点和结束点就能得到想要的 shortest path，根据题意省份类中起始点都是从省会开始出发，所以杭州将被选为出发点。最终得到的最短路径为：

杭州西湖风景区=>>杭州西溪湿地旅游区=>>嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区=>>湖州市南浔区南浔古镇景区=>>嘉兴南湖旅游区=>>绍兴市鲁迅故里—沈园景区=>>宁波奉化溪口—滕头旅游景区=>>舟山普陀山风景区=>>温州乐清市雁荡山风景区=>>金华东阳横店影视城景区=>>杭州淳安千岛湖风景区=>>衢州市开化根宫佛国文化旅游区。

详细游览路线：从浙江省省会杭州出发，选择最近的景点——杭州西湖风景区，由于距离近，故不考虑其行车里程。从杭州西湖风景区来看，初定游玩时间为半天，接着在选择第二个景区时，考虑最短路径问题，从浙江省内各 5A 级景区的距离信息表上来看，很显然第二站定于与杭州西湖风景区距离最近的杭州西溪湿地旅游区，继续下半天的游玩，期间自驾车行驶距离约为 12.4 公里，全程约 31 分钟。从杭州西溪湿地旅游区到其他未达景区来看，其与嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区的直线距离最小，为 61 公里。以此类推，接下来的旅游景点分别是：湖州市南浔区南浔古镇景区、嘉兴南湖旅游区、绍兴市鲁迅故里—沈园景区、宁波奉化溪口—滕头旅游景区、舟山普陀山风景区、温州乐清市雁荡山风景区、金华东阳横店影视城景区、杭州淳安千岛湖风景区，最后一站是衢州市开化根宫佛国文化旅游区。以上线路在地图上标出如图 4.3 所示。



图 4.3 浙江类中的 5A 级景区的最短路径

根据上面最短路径法得到浙江类中的 5A 级景区的观光顺序，制定出耗时最少的行程安排表，浙江类中十二个 5A 级景区的具体安排如下表 4-4 所示：

表 4-4 浙江类中十二个 5A 级景区的具体安排表

出发地	到达景点	行车时间 (/分钟)	行车里程 (/公里)	最少游玩时间 (/天)
杭州市	杭州西湖风景区	0	0	0.5
	杭州西溪湿地旅游区	31	12.4	0.5
杭州西溪湿地旅游区	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区	71	88.7	0.5
	湖州市南浔区南浔古镇景区	33	21.4	0.5
湖州市南浔区南浔古镇景区	嘉兴南湖旅游区	59	49.9	0.5
	绍兴市鲁迅故里—沈园景区	91	104.8	0.5
绍兴市鲁迅故里—沈园景区	宁波奉化溪口—滕头旅游景区	111	126.9	0.5
宁波奉化溪口—滕头旅游景区	舟山普陀山风景区	143	153.7	1
舟山普陀山风景区	温州乐清市雁荡山风景区	270	324.9	1
温州乐清市雁荡山风景区	金华东阳横店影视城景区	180	198.6	0.5
	衢州市开化根宫佛国文化旅游区	203	253.5	0.5
衢州市开化根宫佛国文化旅游区	杭州淳安千岛湖风景区	186	194.7	1

从浙江省省会杭州出发，最后在杭州淳安千岛湖风景区结束旅程，驾车回到出发地陕西西安，浙江类内全程游玩时间至少需要 7.5 天，另外，按照自驾车行使时长大于 8 小时计算作一天，小于 4 小时则忽略不计，那么浙江省内全程游玩的行车耗时将作为半天来考虑。即游遍浙江类里面的 5A 级景区的时间约为 8 天，再加上一天在省会杭州游览城市特色建筑和体验当地风土人情，所以游遍浙江类里面的 5A 级景区的至少时间为 9 天。以此方法进行计算，最终可以求得游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间表，如附件一表 4-1 所示。

4.4.2 简单的省份类游览顺序选择算法

这里我们先提出一种简单的省份类游览顺序选择算法，该算法的思想很简单，即每一次旅游只去一个省份类，根据省会之间来回时间以及在省份类中游览时间之和的大小进行选择，先选择所需时间最少的，再根据该旅游爱好者的出游时间限制进行游览顺序选择。

该简单的游览顺序选择算法的原理图如图 4.4 所示。

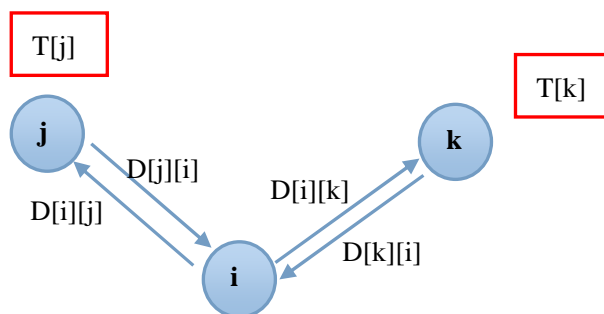


图 4.4 简单的游览顺序选择算法的原理图

说明： i 是出发点， j 和 k 分别是要游览的省份类， $D[i][j]$ 表示 i 点到 j 点所需的天数， $T[j]$ 表示该旅游爱好者在 j 点游览的时间。因此，简单的游览顺序选择算法的选择依据就是 $\min\{D[i][j] + T[j] + D[j][i], D[i][k] + T[k] + D[k][i]\}$ 。通过判断哪条路径花费时间最少，从而来选取最优的路径。

例子：

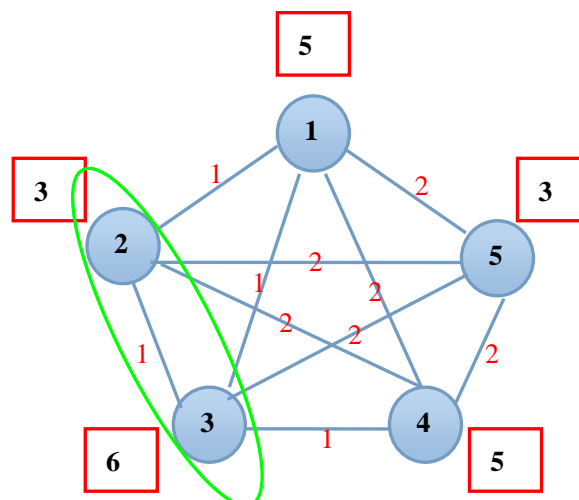


图 4.5 简单的游览顺序选择算法例子

游览顺序选择过程：我们假设点 3 为出发点，则它第一次旅游将会选择时间花费最少的一条路径，即 $③ \Rightarrow ② \Rightarrow ③$ ，花费时间 $1+3+1=5$ 天 < 15 天，一年旅游时间剩余 $30-5=25$ 天，剩余旅游次数 $4-1=3$ 次；再在剩余的中选择时间花费最少的一条路径，即 $③ \Rightarrow ① \Rightarrow ③$ （先选编号数字比较小的），花费时间 $1+5+1=7$ 天 < 15 天，一年旅游时间剩余 $25-7=18$ 天，剩余旅游次数 $3-1=2$ 次；以此类推，选择 $③ \Rightarrow ④ \Rightarrow ③$ ，花费时间 $2+3+2=7$ 天 < 15 天，一年旅游时间剩余 $18-7=11$ 天，剩余旅游次数 $2-1=1$ 次；选择 $③ \Rightarrow ⑤ \Rightarrow ③$ 花费时间 $1+5+1=7$ 天 < 15 天，一年旅游时间剩余 $11-7=4$ 天，剩余旅游次数 $1-1=0$ 次，年数加一。

综合以上的分析，我们进行了编程实现，代码如附件二中代码 Basic_order_tourism_xian.cpp 所示。

4.4.3 改进的省份类游览顺序选择算法

这里我们提出一种改进的省份类游览顺序选择算法,该算法的思想要稍微复杂一些,但是得到的结果将会好于简单的省份类游览顺序选择算法,即每一次旅游可能会去多个省份类,只要所花费的时间在该旅游爱好者的出游时间限制范围内。首先,出发点西安在选第一个省份类时是按照简单的省份类游览顺序选择算法进行选取的。当选取了第一个省份类之后,不像简单的省份类游览顺序选择算法一样会直接回来,而是会先找下能否找到一个相对花费时间较少,能顺路玩掉的省份类。在选取的过程中要根据该旅游爱好者的出游时间限制进行游览顺序选择,如果超过了该旅游爱好者的出游时间限制,则会放弃再游览其他省份类。

该改进的游览顺序选择算法的原理图如图 4.6 所示。

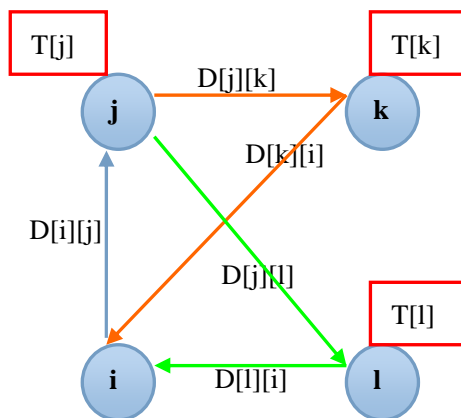


图 4.6 改进的游览顺序选择算法的原理图

说明: i 是出发点, j 、 k 和 l 分别是要游览的省份类, $D[i][j]$ 表示 i 点到 j 点所需的天数, $T[j]$ 表示该旅游爱好者在 j 点游览的时间。因此, 改进的游览顺序选择算法在选择顺便游览的省份类时, 也会选一条相对时间花费少的路径, 选择依据就是 $\min\{D[j][k] + T[k] + D[k][i], D[j][l] + T[l] + D[l][i]\}$ 。如果在游玩 j 后还有充足的时间游其他省份时, 根据这个选择依据, 可以帮助该旅游爱好者选取顺便一起游的省份类。

例子：

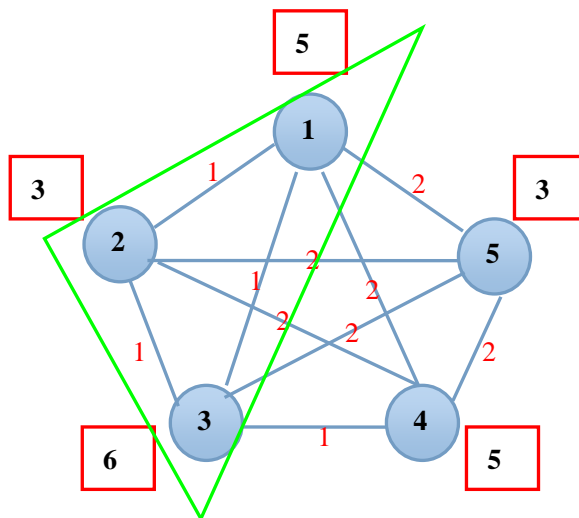


图 4.7 改进的游览顺序选择算法例子

游览顺序选择过程：我们假设点 3 为出发点，首先根据简单的游览顺序选择算法，会选择 ③ ⇒ ②，花费时间 $1+3=4$ 天 <15 天，一次旅游中还剩 $15-4=11$ 天。由于路径 ② ⇒ ① ⇒ ③ 花费时间 $1+5+1=7$ 天 <11 天，② ⇒ ⑤ ⇒ ③ 花费时间 $2+3+2=7$ 天 <11 天，② ⇒ ④ ⇒ ③ 花费时间 $2+5+1=8$ 天 <11 天，所以在游完点②后还有充足的时间再游一个省份类。可以选择路径 ② ⇒ ① ⇒ ③（先选编号数字比较小的），则一次旅游中还剩 $11-7=4$ 天已经不足以继续游览点④和点⑤。所以第一次旅游最终选出来的路径为 ③ ⇒ ② ⇒ ① ⇒ ③，总共旅游时间为 11 天。再次根据这种方法，可以得到选择 ③ ⇒ ④ ⇒ ⑤ ⇒ ③，总共旅游时间为 13 天。年旅游时间剩余 $30-11-13=6$ 天，剩余旅游次数 $4-1-1=2$ 次。

综合以上的分析，我们进行了编程实现，代码如附件二中代码 Advanced_order_tourism_xian.cpp 所示。

4.5 结果对比及评价

简单的省份类游览顺序选择算法运行结果如图 4.8 所示。

```

第1年:
27->28->27  27->2->27  27->4->27  27->5->27  27->29->27
第2年:
27->6->27  27->7->27  27->20->27
第3年:
27->21->27  27->24->27  27->26->27
第4年:
27->30->27  27->1->27  27->22->27
第5年:
27->3->27  27->8->27  27->17->27
第6年:
27->25->27  27->9->27
第7年:
27->14->27  27->15->27
第8年:
27->19->27  27->12->27
第9年:
27->13->27  27->16->27
第10年:
27->10->27  27->11->27
第11年:
27->23->27  27->31->27
第12年:
27->18->27
游遍201个5A级景区至少需要 12 年
Press any key to continue
  
```

图 4.8 简单的省份类游览顺序选择算法运行结果

从图 4.8 中可以知道利用简单的省份类游览顺序选择算法游遍 201 个 5A 级景区至少需要 12 年。具体该旅游爱好者每年的游览路径如表 4-5 中所示。

表 4-5 该旅游爱好者每年的游览路径（简单选择算法运行结果）

年份	游览次序	游览路径
第一年	第 1 次	陕西西安→甘肃兰州→陕西西安
	第 2 次	陕西西安→天津→陕西西安
	第 3 次	陕西西安→山西太原→陕西西安
	第 4 次	陕西西安→青海西宁→陕西西安
	第 5 次	陕西西安→辽宁沈阳→陕西西安
第二年	第 6 次	陕西西安→吉林长春→陕西西安
	第 7 次	陕西西安→广西南宁→陕西西安
	第 8 次	陕西西安→海南海口→陕西西安

年份	游览次序	游览路径
第三年	第 9 次	陕西西安→贵州贵阳→陕西西安
	第 10 次	陕西西安→西藏拉萨→陕西西安
	第 11 次	陕西西安→宁夏银川→陕西西安
第四年	第 12 次	陕西西安→北京→陕西西安
	第 13 次	陕西西安→重庆→陕西西安
	第 14 次	陕西西安→河北石家庄→陕西西安
第五年	第 15 次	陕西西安→黑龙江哈尔滨→陕西西安
	第 16 次	陕西西安→湖南长沙→陕西西安
第六年	第 17 次	陕西西安→云南昆明→陕西西安
	第 18 次	陕西西安→上海→陕西西安
第七年	第 19 次	陕西西安→江西南昌→陕西西安
	第 20 次	陕西西安→山东济南→陕西西安
第八年	第 21 次	陕西西安→广东广州→陕西西安
	第 22 次	陕西西安→安徽合肥→陕西西安
第九年	第 23 次	陕西西安→福建福州→陕西西安
	第 24 次	陕西西安→河南郑州→陕西西安
第十年	第 25 次	陕西西安→江苏南京→陕西西安
	第 26 次	陕西西安→浙江杭州→陕西西安
第十一年	第 27 次	陕西西安→四川成都→陕西西安
	第 28 次	陕西西安→新疆乌鲁木齐→陕西西安
第十二年	第 29 次	陕西西安→湖北武汉→陕西西安

改进的省份类游览顺序选择算法运行结果如图 4.9 所示。

```

C:\Users\lenovo\Desktop\数学建模国赛\code\Debug\Advanced_order_tourism_xian.exe
27->2->5->4->27
27->6->1->27
27->7->21->27
27->24->29->27
27->30->28->27
27->20->27
27->3->27
27->8->27
27->17->27
27->9->27
27->14->27
27->15->27
27->26->27
27->22->27
27->12->27
27->13->27
27->25->27
27->19->27
27->11->27
27->16->27
27->10->27
27->23->27
27->18->27
27->31->27
游遍201个5A级景区至少需要 10 年

```

图 4.9 改进的省份类游览顺序选择算法运行结果

从图 4.9 中可以知道利用改进的省份类游览顺序选择算法游遍 201 个 5A 级景区至少需要 10 年。具体该旅游爱好者每年的游览路径如表 4-6 中所示。

表 4-6 该旅游爱好者每年的游览路径（改进选择算法运行结果）

年份	游览次序	游览路径
第一年	第 1 次	陕西西安→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→陕西西安
	第 2 次	陕西西安→辽宁沈阳→北京→陕西西安
第二年	第 3 次	陕西西安→吉林长春→海南海口→陕西西安
	第 4 次	陕西西安→贵州贵阳→青海西宁→陕西西安
	第 5 次	陕西西安→宁夏银川→甘肃兰州→陕西西安
第三年	第 6 次	陕西西安→广西南宁→陕西西安
	第 7 次	陕西西安→河北石家庄→陕西西安
第四年	第 8 次	陕西西安→黑龙江哈尔滨→陕西西安
	第 9 次	陕西西安→湖南长沙→陕西西安
	第 10 次	陕西西安→上海→陕西西安
第五年	第 11 次	陕西西安→江西南昌→陕西西安
	第 12 次	陕西西安→山东济南→陕西西安
	第 13 次	陕西西安→西藏拉萨→陕西西安
第六年	第 14 次	陕西西安→重庆→陕西西安
	第 15 次	陕西西安→安徽合肥→陕西西安
	第 16 次	陕西西安→福建福州→陕西西安
第七年	第 17 次	陕西西安→云南昆明→陕西西安
	第 18 次	陕西西安→广东广州→陕西西安
第八年	第 19 次	陕西西安→浙江杭州→陕西西安
	第 20 次	陕西西安→河南郑州→陕西西安
第九年	第 21 次	陕西西安→江苏南京→陕西西安
	第 22 次	陕西西安→四川成都→陕西西安
第十年	第 23 次	陕西西安→湖北武汉→陕西西安
	第 24 次	陕西西安→新疆乌鲁木齐→陕西西安

对结果进行对比，我们可以得出改进的省份类游览顺序选择算法求得的游遍 201 个 5A 级景区所需的至少时间要优于简单的省份类游览顺序选择算法。因此，在接下来的问题解答中，我们都将使用该方法进行游览顺序的选择。

最终，我们对该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程进行了安排，如附件一表 4-7 所示。根据该行程安排，游遍 201 个 5A 级景区至少需要 10 年。

五、问题二

5.1 解题思路概述

这部分，我们将设计一个十年游遍所有 201 个 5A 景区，使得费用最优、旅游体验最好的旅游线路。主要思路如下：首先，由于全局最优可以先进行局部最优然后再进行全局优化，所以我们先以问题一中求出的每一次旅游线路为分类依据再将 31 个省份类划分成 24 类，即每一类都表示一次旅游线路；其次，再利用最短路径法求各个一次旅游路线类的最优费用；再者，选择不同的出行方式将会影响到旅游费用以及旅游体验，所以我们利用多目标线性规划求解该问题，目标就是总费用最优和旅游体验最好；最后，利用 MATLAB 求解并对结果进行分析和评价。

问题二的解题思路流程如下所示：

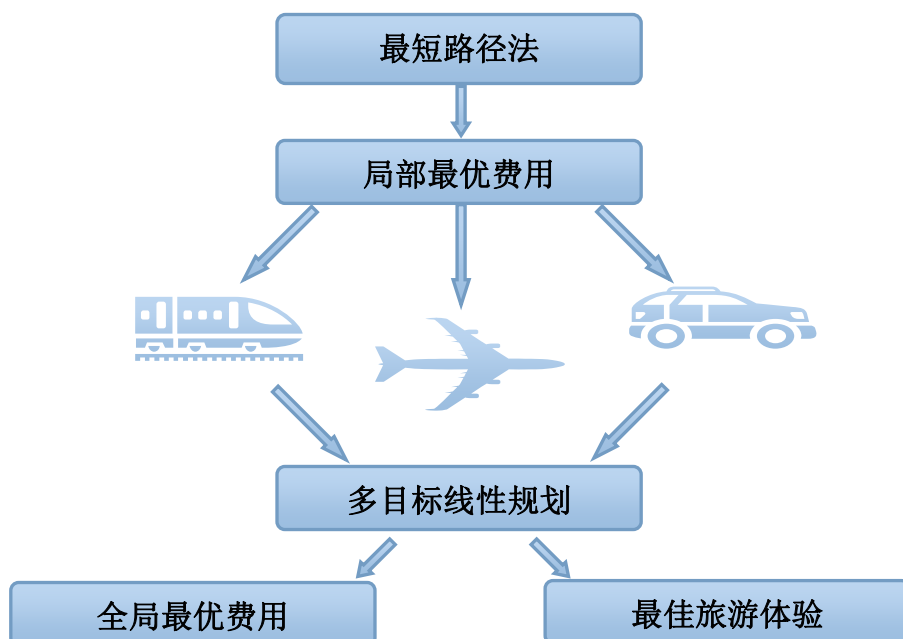


图 5.1 第五部分思路流程图

5.2 多目标线性规划

5.2.1 多目标线性规划的概念

多目标线性规划^[10]的主要特征为有着两个或两个以上的目标函数，且目标函数和约束条件均为线性函数。由于多个目标之间的存在矛盾性、不可公度性，要求使所有目标均达到最优解比较困难，因此多目标规划问题往往只是求其有效解（非劣解）即可。其数学模型为：

$$\begin{cases} \max(\min)Z_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \cdots + c_{1n}x_n \\ \max(\min)Z_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \cdots + c_{2n}x_n \\ \vdots \\ \max(\min)Z_r = c_{r1}x_1 + c_{r2}x_2 + \cdots + c_{rn}x_n \end{cases} \quad (5-1)$$

约束条件为：

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \leq (=, \geq) b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq (=, \geq) b_2 \\ \dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq (=, \geq) b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{cases} \quad (5-2)$$

若将： $A = (a_{ij})_{m \times n}$ ， $C = (c_{ij})_{r \times n}$ ， $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T$ ， $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ ，
 $z = (z_1, z_2, \dots, z_r)^T$ ，则上面的多目标线性模型可用矩阵表示为：

$$\max Z = Cx \quad (5-3)$$

约束条件为：

$$\begin{cases} Ax \leq (=, \geq) b \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (5-4)$$

5.2.2 多目标线性规划的求解方法

目前求解多目标线性规划问题有效解的方法^[9]，有理想点法、线性加权和法、最大最小法、目标规划法和模糊数学解法，接下来，我们将介绍这些方法是如何进行多目标偏好信息的确定和处理的^[5]。

1) 理想点法

先求解 r 个单目标问题： $\min_{x \in D} Z_j(x), j=1, 2, \dots, r$ ，设其最优值为 Z_j^* ，称 $Z^* = (Z_1^*, Z_2^*, \dots, Z_r^*)$ 为值域中的一个理想点，因为一般很难达到^[11]。于是，在期望的某种度量之下，寻求距离 Z^* 最近的 Z 作为近似值。一种最直接的方法是最短距离理想点法，构造评价函数

$$\varphi(Z) = \sqrt{\sum_{i=1}^r [Z_i - Z_i^*]^2}, \quad (5-5)$$

然后极小化 $\varphi[Z(x)]$ ，即求解

$$\min_{x \in D} \varphi[Z(x)] = \sqrt{\sum_{i=1}^r [Z_i(x) - Z_i^*]^2}, \quad (5-6)$$

并将它的最优解 x^* 作为 (7-4) 在这种意义下的“最优解”。

2) 线性加权和法

在具有多个指标的问题中，人们总希望对那些相对重要的指标给予较大的权系数，因而将多目标向量问题转化为所有目标的加权求和的标量问题，基于这个现实，构造如下评价函数，即

$$\min_{x \in D} Z(x) = \sum_{i=1}^r \omega_i Z_i(x) \quad (5-7)$$

将它的最优解 x^* 作为 (5-4) 在线性加权和意义下的“最优解”。(ω_i 为加权因子，其选取的方法很多，有专家打分法、容限法和加权因子分解法等)。

3) 最大最小法^[14]

在决策的时候，采取保守策略是稳妥的，即在最坏的情况下，寻求最好的结果，按照此想法，可以构造如下评价函数，即

$$\varphi(Z) = \max_{1 \leq i \leq r} Z_i, \quad (5-8)$$

然后求解：

$$\min_{x \in D} \varphi[Z(x)] = \min_{x \in D} \max_{1 \leq i \leq r} Z_i(x), \quad (5-9)$$

并将它的最优解 x^* 作为 (5-4) 在最大最小意义下的“最优解”。

4) 目标规划法^[19]

$$\text{Appr } Z(x) \rightarrow Z^0 \quad (7-10)$$

并把原多目标线性规划 (5-4) $\min_{x \in D} Z(x)$ 称为和目标规划 (5-10) 相对应的多目标线性规划。为了用数量来描述 (5-10)，我们在目标空间 E^r 中引进点 $Z(x)$ 与 Z^0 之间的某种“距离”：

$$D[Z(x), Z^0] = \left[\sum_{i=1}^r \lambda_i (Z_i(x) - Z_i^*)^2 \right]^{1/2} \quad (5-11)$$

这样 (5-10) 便可以用单目标 $\min_{x \in D} D[Z(x), Z^0]$ 来描述了。

5) 模糊数学求解方法

由于多目标线性规划的目标函数不止一个, 要想求得某一个点作 x^* , 使得所有的目标函数都达到各自的最大值, 这样的绝对最优解通常是不存在的^[13]。因此, 在具体求解时, 需要采取折衷的方案, 使各目标函数都尽可能的大。模糊数学规划方法可对其各目标函数进行模糊化处理, 将多目标问题转化为单目标, 从而求该问题的模糊最优解。

具体的方法为：先求在约束条件： $\begin{cases} Ax \leq b \\ x \geq 0 \end{cases}$ 下各个单目标 $Z_i, i=1, 2, \dots, r$ 的最

大值 Z_i^* 和最小值 Z_i^- , 伸缩因子为 $d_i = Z_i^* - Z_i^-, i=1, 2, \dots, r$,

$$\text{得到} \begin{cases} \max Z = \lambda \\ \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j - d_i \lambda \geq Z_i^* - d_i, i=1, 2, \dots, r \\ \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j \leq b_k, k=1, 2, \dots, m \\ \lambda \geq 0, x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{cases} \quad (5-12)$$

式 (5-12) 是一个简单的单目标线性规划问题。

最后求得模糊最优解为： $Z^{**} = C(x_1^*, \dots, x_n^*)^T$ 。

利用 (5-12) 式来求解的关键是对伸缩指标的 d_i 确定, d_i 是我们选择的一些常数, 由于在多目标线性规划中, 各子目标难以同时达到最大值 Z_i^* , 但是可以确定的是各子目标的取值范围, 它满足： $Z_i^- \leq Z_i \leq Z_i^*$, 所以, 伸缩因子为 d_i 可以按如下取值： $d_i = Z_i^* - Z_i^-$ 。

5.3 数据处理

因为各省份类内旅游线路所需要耗费的住宿费、租车费用和油耗加过路费都会受行车路线的影响, 行车路线越长则花费越多, 所以在问题二要使得浙江类内一次旅游的费用最优, 则旅游路线仍旧可以沿用问题一中给出的最短路径旅游路线。通过计算求得游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少费用表, 如附件一表 5-1 所示。

我们以问题一中求出的每一次旅游线路为分类依据再将 31 个省份类划分成 24 类，即每一类都表示一次旅游线路。通过网上查找相关省会间的票价信息，整合《附件 4-若干省会城市之间的高铁相关信息》和《附件 5-省会城市之间的全价机票信息》等数据，可以得到每一次旅游线路中需要的一些数据汇总，如附件一表 5-2 所示。

5.4 模型的建立与求解

5.4.1 以浙江类为例求每一次旅游的最优费用

问题一给出了每一次旅游的具体行程。在以浙江省为例中，不考虑费用的情况下，使得所需的时间最短，可以使用最短路径法得到浙江省内 5A 级景点的行车路线。因为各省份类内旅游线路所需要耗费的住宿费、租车费用和油耗加过路费都会受行车路线的影响，行车路线越长则花费越多，所以在问题二要使得浙江类内一次旅游的费用最优，则旅游路线仍旧可以沿用问题一中给出的最短路径旅游线路：

杭州西湖风景区=>>杭州西溪湿地旅游区=>>嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区=>>湖州市南浔区南浔古镇景区=>>嘉兴南湖旅游区=>>绍兴市鲁迅故里—沈园景区=>>宁波奉化溪口—滕头旅游景区=>>舟山普陀山风景区=>>温州乐清市雁荡山风景区=>>金华东阳横店影视城景区=>>杭州淳安千岛湖风景区=>>衢州市开化根宫佛国文化旅游区。

表 5-3 浙江类中十二个 5A 级景区的具体安排和费用

出发地	到达景点	住宿费	租车费用	油耗加过路费	总费用
杭州市	杭州西湖风景区	0	0	0	0
	杭州西溪湿地旅游区	600	300	7.44	907.44
杭州西溪湿地旅游区	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区	0	0	53.22	53.22
	湖州市南浔区南浔古镇景区	450	300	12.84	762.84
湖州市南浔区南浔古镇景区	嘉兴南湖旅游区	0	0	29.94	29.94
	绍兴市鲁迅故里—沈园景区	300	300	104.8	704.8
绍兴市鲁迅故里—沈园景区	宁波奉化溪口—滕头旅游景区	0	0	126.9	126.9
宁波奉化溪口—滕头旅游景区	舟山普陀山风景区	300	300	153.7	753.7
舟山普陀山风景区	温州乐清市雁荡山风景区	450	300	324.9	1074.9
温州乐清市雁荡山风景区	金华东阳横店影视城景区	0	0	198.6	198.6
	衢州市开化根宫佛国文化旅游区	300	300	253.5	853.5
衢州市开化根宫佛国文化旅游区	杭州淳安千岛湖风景区	450	300	194.7	944.7
杭州淳安千岛湖风景区	杭州市	0	300	171.2	471.2
总计		2850	2400	1631.74	6881.74

由题意已知住宿费简化为省会城市和旅游景区 200 元/人·天，地级市 150 元/人·天，县城 100 元/人·天，该旅游爱好者一家 3 人同行，则住宿费即为省会城市和旅游景区 200 元/人·天，地级市 150 元/人·天，县城 100 元/人·天；租车费用 300 元/天，油费和高速过路费另计，租车和还车需在同一城市高速公路的油耗加过路费平均为 1.00 元/公里，普通公路上油耗平均为 0.60 元/公里，这里假定行车里数超过 100 的假设为高速段行使，少于 100 的均为普通公路行使。

根据已有的最短路径得到浙江省中的 5A 级景区的观光顺序，制定出费用最少的行程安排表，浙江省中十二个 5A 级景区的具体安排和费用如下表 5-3 所示。从浙江省省会杭州出发，最后在杭州淳安千岛湖风景区结束旅程，驾车回到出发地陕西西安。在浙江省内的这 7 天游玩时间内，住宿费总共需要 2850 元，租车费用 2400 元，油耗加过路费越 1632 元，7 天浙江省内 5A 级景区游玩总费用 6882 元，再加上在省会杭州的第一天需要游览城市特色建筑和体验当地风土人情且未租车，所以需要加一天留宿费用 600 元。即游遍浙江省里面的 5A 级景区的最少费用为 7482 元。以此方法进行计算，最终可以求得游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少费用表，如附件一表 5-1 所示。

5.4.2 利用多目标线性规划求全局最优

由于我们以问题一中求出的每一次旅游线路为分类依据再将 31 个省份类划分成 24 类，即每一类都表示一次旅游线路。因此，我们可以将问题二化简为以下问题，示意图如图 5.2 所示。

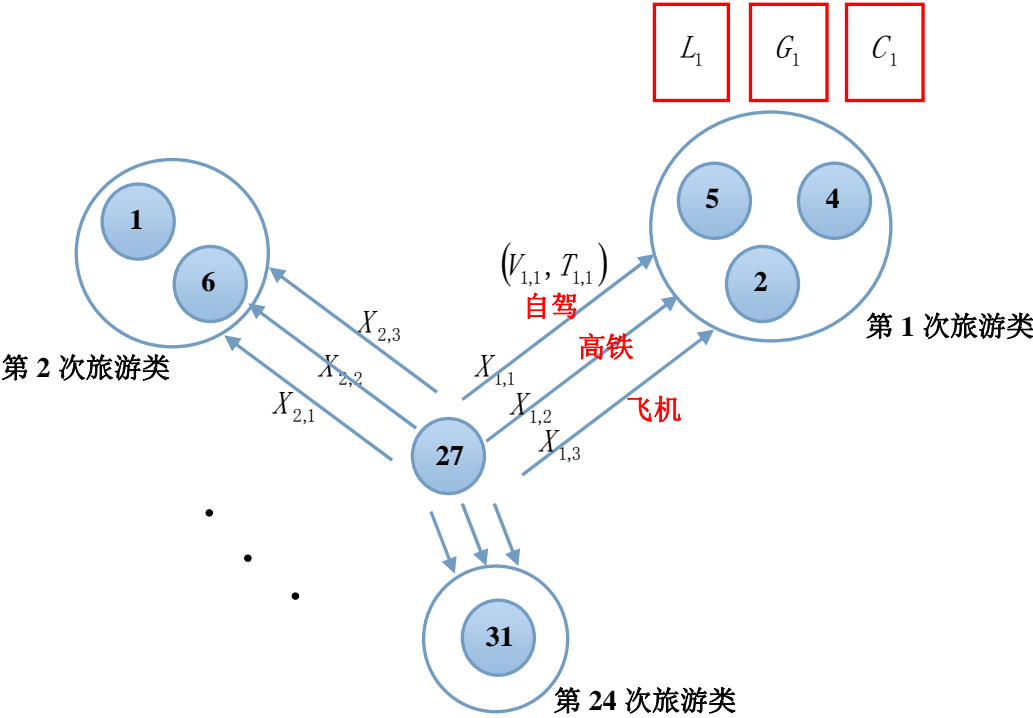


图 5.2 问题二简化后的示意图

如图 5.2 所示，其中 $X_{1,1}$ 表示第 1 次旅游的出行方式是否选择自驾，如果 $X_{1,1} = 1$ 表示自驾， $X_{1,1} = 0$ 表示非自驾。 $(V_{1,1}, T_{1,1})$ 表示第一次旅游自驾所需的费用和时间。 L_1 表示第一次旅游类中租车自驾的总路途时间， G_1 表示第一次旅游类

中的总观光时间， C_1 表示第一次旅游类中的总最少费用。因此，原问题：设计一个十年游遍所有 201 个 5A 景区、费用最优、旅游体验最好的旅游线路。可以简化为：在每一次旅游中，选择合适的出行方式，从而使所需的费用最优，并且旅游体验最好。

设 $X_{i,j} (i=1,2,...,24; j=1,2,3)$ 表示第 i 次旅游选择 j 出行方式，其中 $j=1$ 表示自驾， $j=2$ 表示高铁， $j=3$ 表示飞机。由于问题二中有多目标，所以我们选用了多目标线性规划来求解^[12]。由题目要求可知，为了使得总费用最优，所以我们得到了第一条目标函数如下：

$$\begin{aligned} \min \quad f_1 = & 1100X_{1,1} + 0 + 3240X_{1,3} + 1750X_{2,1} + 0 + 4500X_{2,3} + 2040X_{3,1} + 0 + \\ & 4890X_{3,3} + \dots + 2540X_{24,1} + 0 + 6600X_{24,3} \end{aligned} \quad (5-13)$$

此外，题目要求设计旅游体验最好的旅游线路。我们的思路是：在出行方式的路途时间上花费尽量少的的时间，观光游览的时间占总时间的比例尽量大些。因此，我们可以得到第二、三条目标函数如下：

$$\begin{aligned} \min \quad f_2 = & 733X_{1,1} + 0 + 90X_{1,3} + 1167X_{2,1} + 0 + 150X_{2,3} + 1360X_{3,1} + 0 + 505X_{3,3} \\ & + \dots + 1693X_{24,1} + 0 + 195X_{24,3} \end{aligned} \quad (5-14)$$

$$\begin{aligned} \max \quad f_3 = & 0.6668X_{1,1} + 0 + 0.7258X_{1,3} + 0.6634X_{2,1} + 0 + 0.7862X_{2,3} + 0.5976X_{3,1} \\ & + 0 + 0.6893X_{3,3} + 0.6177X_{4,1} + 0 + 0.6962X_{4,3} + 0.5176X_{5,1} + 0.5486X_{5,3} \\ & + 0.5088X_{6,1} + 0 + 0.6809X_{6,3} + \dots + 0.5073X_{24,1} + 0 + 0.6156X_{24,3} \end{aligned} \quad (5-15)$$

约束条件有：

(1) 每一次旅游都只能有一种出行方式：

$$\sum_{j=1}^3 X_{1,j} = 1, \sum_{j=1}^3 X_{2,j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^3 X_{24,j} = 1 \quad (5-16)$$

(2) 每次旅游的天数不能超过 15 天：

$$733X_{1,1} + 90X_{1,3} \leq 7.5, 1167X_{2,1} + 150X_{2,3} \leq 927.5, \dots, 1693X_{24,1} + 195X_{24,3} \leq 188.49 \quad (5-17)$$

(3) 每年旅游的天数不能超过 30 天，由于每次旅游的天数都不能超过 15，所以一年只出游两次的必能满足次条件，所以这里不列出。但是如果一年出游三次的需要添加以下约束条件：

$$\begin{aligned} & 1360X_{3,1} + 505X_{3,3} + 713X_{4,1} + 100X_{4,3} + 493X_{5,1} + 75X_{5,3} \leq -1158.5 \\ & 1540X_{7,1} + 180X_{7,3} + 660X_{8,1} + 315X_{8,2} + 95X_{8,3} + 927X_{9,1} + 660X_{9,2} + 130X_{9,3} \leq 839.5 \\ & 727X_{11,1} + 477X_{11,2} + 95X_{11,3} + 607X_{12,1} + 105X_{12,3} + 1893X_{13,1} + 185X_{13,3} \leq 1974.5 \\ & 467X_{14,1} + 95X_{14,3} + 613X_{15,1} + 90X_{15,3} + 1100X_{16,1} + 155X_{16,3} \leq -683 \end{aligned} \quad (5-18)$$

(4) 如果道路不通，则设置为 0：

$$\begin{aligned} & X_{1,2} = 0, X_{2,2} = 0, X_{3,2} = 0, X_{4,2} = 0, X_{5,2} = 0, X_{6,2} = 0, X_{8,2} = 0, X_{12,2} = 0, \\ & X_{13,2} = 0, X_{14,2} = 0, X_{15,2} = 0, X_{16,2} = 0, X_{17,2} = 0, X_{19,2} = 0, X_{20,3} = 0, X_{22,2} = 0, \\ & X_{24,2} = 0. \end{aligned} \quad (5-19)$$

5.5 结果分析及评价

我们选取最大最小法，利用 MATLAB 对其进行求解（代码详见附录二），解得的结果如表 5-4 所示：

表 5-4 多目标线性规划解

第一次旅游			第二次旅游			第三次旅游			第四次旅游		
$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{4,1}$	$X_{4,2}$	$X_{4,3}$
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
第五次旅游			第六次旅游			第七次旅游			第八次旅游		
$X_{5,1}$	$X_{5,2}$	$X_{5,3}$	$X_{6,1}$	$X_{6,2}$	$X_{6,3}$	$X_{7,1}$	$X_{7,2}$	$X_{7,3}$	$X_{8,1}$	$X_{8,2}$	$X_{8,3}$
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
第九次旅游			第十次旅游			第十一次旅游			第十二次旅游		
$X_{9,1}$	$X_{9,2}$	$X_{9,3}$	$X_{10,1}$	$X_{10,2}$	$X_{10,3}$	$X_{11,1}$	$X_{11,2}$	$X_{11,3}$	$X_{12,1}$	$X_{12,2}$	$X_{12,3}$
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
第十三次旅游			第十四次旅游			第十五次旅游			第十六次旅游		
$X_{13,1}$	$X_{13,2}$	$X_{13,3}$	$X_{14,1}$	$X_{14,2}$	$X_{14,3}$	$X_{15,1}$	$X_{15,2}$	$X_{15,3}$	$X_{16,1}$	$X_{16,2}$	$X_{16,3}$
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
第十七次旅游			第十八次旅游			第十九次旅游			第二十次旅游		
$X_{17,1}$	$X_{17,2}$	$X_{17,3}$	$X_{18,1}$	$X_{18,2}$	$X_{18,3}$	$X_{19,1}$	$X_{19,2}$	$X_{19,3}$	$X_{20,1}$	$X_{20,2}$	$X_{20,3}$
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
第二十一次旅游			第二十二次旅游			第二十三次旅游			第二十四次旅游		
$X_{21,1}$	$X_{21,2}$	$X_{21,3}$	$X_{22,1}$	$X_{22,2}$	$X_{22,3}$	$X_{23,1}$	$X_{23,2}$	$X_{23,3}$	$X_{24,1}$	$X_{24,2}$	$X_{24,3}$
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1

$$\begin{aligned}
 f_1 &= V_{1,3} + V_{2,3} + V_{3,3} + V_{4,3} + V_{5,3} + V_{6,3} + V_{7,2} + V_{8,3} + V_{9,2} + V_{10,2} + V_{11,3} + V_{12,3} + V_{13,3} \\
 &\quad + V_{14,1} + V_{15,3} + V_{16,3} + V_{17,3} + V_{18,2} + V_{19,3} + V_{20,2} + V_{21,2} + V_{22,3} + V_{23,2} + V_{24,3} \\
 &= 3240 + 4500 + 4890 + 3000 + 2550 + 5400 + 1225.5 + 5520 + 1761 + 1014 \\
 &\quad + 3030 + 2880 + 5970 + 700 + 3180 + 4590 + 4620 + 2440.5 + 3840 + 687 + 8 \\
 &\quad 35.5 + 2220 + 1363.5 + 6600 = 76057
 \end{aligned}$$

(5-20)

$$\begin{aligned}
 f_2 &= T_{1,3} + T_{2,3} + T_{3,3} + T_{4,3} + T_{5,3} + T_{6,3} + T_{7,2} + T_{8,3} + T_{9,2} + T_{10,2} + T_{11,3} + T_{12,3} + T_{13,3} \\
 &\quad + T_{14,1} + T_{15,3} + T_{16,3} + T_{17,3} + T_{18,2} + T_{19,3} + T_{20,2} + T_{21,2} + T_{22,3} + T_{23,2} + T_{24,3} \\
 &= 90 + 150 + 505 + 100 + 75 + 140 + 271 + 180 + 315 + 660 + 95 + 105 + 185 \\
 &\quad + 467 + 90 + 155 + 120 + 537 + 130 + 142 + 491 + 95 + 234 + 195 = 5527
 \end{aligned}$$

(5-21)

$$\begin{aligned}
 f_3 &= \frac{G_1}{T_{1,3} + L_1 + G_1} + \frac{G_2}{T_{2,3} + L_2 + G_2} + \frac{G_3}{T_{3,3} + L_3 + G_3} + \dots + \frac{G_6}{T_{6,3} + L_6 + G_6} + \frac{G_7}{T_{7,2} + L_7 + G_7} \\
 &\quad + \dots + \frac{G_{22}}{T_{22,3} + L_{22} + G_{22}} + \frac{G_{23}}{T_{23,2} + L_{23} + G_{23}} + \frac{G_{24}}{T_{24,3} + L_{24} + G_{24}} \\
 &= 0.7258 + 0.7862 + 0.6893 + 0.6962 + 0.5486 + 0.6809 + 0.6612 + 0.391 \\
 &\quad + 0.6468 + 0.7445 + 0.6974 + 0.6919 + 0.8262 + 0.605 + 0.7222 + 0.6849 \\
 &\quad + 0.5506 + 0.6135 + 0.723 + 0.7425 + 16.1896 + 0.7326 + 0.6724 + 0.7413 \\
 &\quad + 0.6156 = 16.1896
 \end{aligned}$$

(5-22)

从多目标线性规划的解中我们可以得出结论：在保证该旅游爱好者每年外出旅游的次数不超过 4 次，每次旅游的时间不超过 15 天，并且每年有不超过 30 天的外出旅游时间，即每年外出旅游的总天数在 30 天之内的条件下，选择合适的出行方式使得该旅游爱好者在每一次旅游中所需的费用最优，并且旅游体验最好。此外，还需要考虑道路不通的情况。从运行结果上可以看到，第一次到第六次、第八次、第十一到第十三次、第十五到第十七次、十九次、第二十二次和第二十四次旅行出行方式都是选择飞机比较好，第七次、九、十、十八、二十、二十一和二十三次都是选择动车更佳，只有第十四次选择自驾比较合适。这样的选择使得每次旅途中的费用最优，约为 76057 元；耗时最优，约 5527 分钟；体验最好，观光时间占总时间比例累计达 16.1896。总的来，对于距离较远的地方，选择坐飞机出游方式远比自驾要好，耗时少、费用低，并且更加舒适。而对于既可以坐飞机，也可以选择坐动车的情况下，大部分是选择坐动车更好，虽然在时间上动车费时更多，但是价格远比坐飞机少。对没有飞机和动车，或者离出发地很近的地方来说，自驾是最优的选择。

最终，我们对该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程进行了安排，如附件一表 5-5 所示。根据该行程安排，十年游遍所有 201 个 5A 景区，费用最优为 301941 元，平均每次出游花费：12581 元，花费最少的线路为：陕西西安→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→陕西西安，花费 6587 元。花费最多的线路为：陕西西安→新疆乌鲁木齐→陕西西安，花费 22741 元。

六、问题三

6.1 解题思路概述

这部分，我们将在第二问所建立的模型基础上进行推广，使其能够为全国的自驾游爱好者规划设计类似的旅游线路，并给出常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划。从问题二的解决过程中可以看出：虽然问题二中的模型是在常住地为西安的背景下设计的，但是只要改动常住地，并更新相应的数据表就能使其适用于全国任何常住地。因此，我们解问题三的主要思路如下：首先，在推广之前，我们需要对问题一中提出的改进的省份类游览顺序选择算法进行推广，使其能够适用于全国任何常住地；其次，根据该推广后的省份类游览顺序选择算法进行聚类，可以获得较优的旅游路线。利用该路线来设计费用最优、旅游体验最好的旅游路线，然后再对所建立的模型进行抽象和推广，使其适用于全国任何常住地；再者，利用所推广的模型，给出常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划；最后，综合上面的问题解答结果给旅游爱好者和旅游有关部门提出建议。

问题三的解题思路流程如下所示：

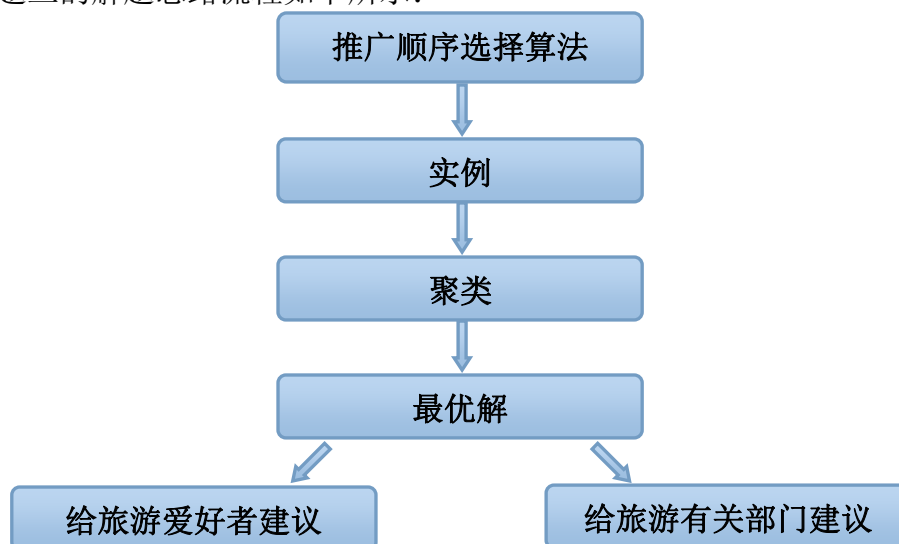


图 6.1 第六部分思路流程图

6.2 模型推广

6.2.1 推广改进的省份类游览顺序选择算法

由问题一可知，改进的省份类游览顺序选择算法可以更好地选出更优的旅游路线，从而使得游遍 201 个 5A 级景区所需的时间最少。此外，从代码 `Advanced_order_tourism_xian.cpp` 中我们也可以知道，由于数组 `d[31][31]` 表示的是所有省会间采用自驾所需的天数信息，所以即使常住地改成了其他地方，仍能找到相应的数据。因此，对改进的省份类游览顺序选择算法的推广只需要将常住地所在省份类的编号进行更换就能实现常住地的更换。因此，我们所提出的改进的省份类游览顺序选择算法可以很容易地扩展到常住地是全国其他地方的情况。

6.2.2 推广第二问所建立的模型

根据图 5.2 可以很容易的看出：虽然问题二中的模型是在常住地为西安的背景下设计的，但是只要改动常住地，并更新相应的数据表就能使其适用于全国任何常住地。设 $X_{i,j} (i=1,2,\dots,24; j=1,2,3)$ 表示第 i 次旅游选择 j 出行方式，其中

$j = 1$ 表示自驾, $j = 2$ 表示高铁, $j = 3$ 表示飞机。假设已经通过改进的省份类游览顺序选择算法获得了 n 条路径, 每一条路径表示该旅游爱好者一次旅游的线路。我们将第二问中所建立的模型进行推广, 具体过程如下文所示。

由要求可知, 为了使得总费用最优, 所以我们得到第一目标函数如下:

$$\begin{aligned}\min \quad f_1 &= V_{1,1}X_{1,1} + V_{1,2}X_{1,2} + V_{1,3}X_{1,3} + \dots + V_{n,1}X_{n,1} + V_{n,2}X_{n,2} + V_{n,3}X_{n,3} \\ &= \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n V_{i,j}X_{i,j}\end{aligned}\quad (6-1)$$

此外, 题目还要求设计旅游体验最好的旅游线路。因此, 我们可以得到第二、三条目标函数如下:

$$\begin{aligned}\min \quad f_2 &= T_{1,1}X_{1,1} + T_{1,2}X_{1,2} + T_{1,3}X_{1,3} + \dots + T_{n,1}X_{n,1} + T_{n,2}X_{n,2} + T_{n,3}X_{n,3} \\ &= \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n T_{i,j}X_{i,j}\end{aligned}\quad (6-2)$$

$$\begin{aligned}\max \quad f_3 &= \frac{G_1}{T_{1,1} + L_1 + G_1}X_{1,1} + \frac{G_1}{T_{1,2} + L_1 + G_1}X_{1,2} + \frac{G_1}{T_{1,3} + L_1 + G_1}X_{1,3} + \dots \\ &+ \frac{G_n}{T_{n,1} + L_n + G_n}X_{n,1} + \frac{G_n}{T_{n,2} + L_n + G_n}X_{n,2} + \frac{G_n}{T_{n,3} + L_n + G_n}X_{n,3} \\ &= \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{T_{i,j} + L_i + G_i}X_{i,j}\end{aligned}\quad (6-3)$$

约束条件有:

(1) 每一次旅游都只能有一种出行方式:

$$\sum_{j=1}^3 X_{1,j} = 1, \sum_{j=1}^3 X_{2,j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^3 X_{n,j} = 1 \quad (6-4)$$

(2) 每次旅游的天数不能超过 15 天:

$$L_1 + G_1 + 2 \sum_{j=1}^3 T_{1,j}X_{1,j} \leq 7200, L_2 + G_2 + 2 \sum_{j=1}^3 T_{2,j}X_{2,j} \leq 7200, \dots, L_n + G_n + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n,j}X_{n,j} \leq 7200 \quad (6-5)$$

(3) 每年旅游的天数不能超过 30 天, 由于每次旅游的天数都不能超过 15, 所以一年只出游两次的必能满足此条件, 所以这里不列出。但是如果一年出游三次的需要添加以下约束条件 (假设第 n_1 、 n_2 和 n_3 次旅游是一年内出游的):

$$L_{n_1} + G_{n_1} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_1,j}X_{n_1,j} + L_{n_2} + G_{n_2} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_2,j}X_{n_2,j} + L_{n_3} + G_{n_3} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_3,j}X_{n_3,j} \leq 14400 \quad (6-6)$$

(4) 如果没有相应的出行方式, 则设置为 0 (假设第 i 次旅游买不到 j 出行方式的票):

$$X_{i,j} = 0 \quad (6-7)$$

目标函数:

$$\min \quad f_1 = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n V_{i,j}X_{i,j} \quad (6-8)$$

$$\min \quad f_2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n T_{i,j}X_{i,j} \quad (6-9)$$

$$\max \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{T_{i,j} + L_i + G_i} X_{i,j} \quad (6-10)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^3 X_{1,j} = 1, \sum_{j=1}^3 X_{2,j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^3 X_{n,j} = 1 \\ L_1 + G_1 + 2 \sum_{j=1}^3 T_{1,j} X_{1,j} \leq 7200, L_2 + G_2 + 2 \sum_{j=1}^3 T_{2,j} X_{2,j} \leq 7200, \dots, L_n + G_n + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n,j} X_{n,j} \leq 7200 \\ L_{n_1} + G_{n_1} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_1,j} X_{n_1,j} + L_{n_2} + G_{n_2} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_2,j} X_{n_2,j} + L_{n_3} + G_{n_3} + 2 \sum_{j=1}^3 T_{n_3,j} X_{n_3,j} \leq 14400 \\ X_{i,j} = 0, \text{假设第} i \text{次旅游买不到} j \text{出行方式的票} \\ X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}, X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}, \dots, X_{n,1}, X_{n,2}, X_{n,3} \geq 0 \end{cases} \quad (6-11)$$

6.3 常住地在北京市的自驾游爱好者的十年旅游计划

根据最短路径法，已经知道游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少时间；再者，根据之前提出的改进的省份类游览顺序选择算法，将出发地定位北京市，得到省份类游览顺序，即最优的旅游路线。

改进的省份类游览顺序选择算法运行结果如图 6.2 所示。

```

C:\Users\lenovo\Desktop\数学建模国赛\code\Debug\Advanced_order_tourism_beijing.exe
1->2->5->4->1
1->6->8->1
1->29->7->1
1->3->21->1
1->24->20->1
1->28->30->1
1->27->1
1->15->1
1->26->1
1->9->1
1->14->1
1->12->1
1->19->1
1->25->1
1->17->1
1->11->1
1->22->1
1->16->1
1->10->1
1->13->1
1->18->1
1->23->1
1->31->1
游遍201个5A级景区至少需要 10 年
Press any key to continue.

```

图 6.2 改进的省份类游览顺序选择算法运行结果（常住地为北京）

从图 6.2 中可以知道利用改进的省份类游览顺序选择算法游遍 201 个 5A 级景区至少需要 10 年。具体该旅游爱好者每年的游览路径如表 6-1 中所示。

表 6-1 该旅游爱好者每年的游览路径（常住地为北京）

年份	游览次序	游览路径
第一年	第 1 次	北京→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→北京
	第 2 次	北京→辽宁沈阳→黑龙江哈尔滨→北京
第二年	第 3 次	北京→青海西宁→吉林长春→北京
	第 4 次	北京→河北石家庄→海南海口→北京
第三年	第 5 次	北京→贵州贵阳→广西南宁→北京
	第 6 次	北京→甘肃兰州→宁夏银川→北京
	第 7 次	北京→陕西西安→北京
第四年	第 8 次	北京→山东济南→北京
	第 9 次	北京→西藏拉萨→北京
	第 10 次	北京→上海→北京
第五年	第 11 次	北京→江西南昌→北京
	第 12 次	北京→安徽合肥→北京
	第 13 次	北京→广东广州→北京
第六年	第 14 次	北京→云南昆明→北京
	第 15 次	北京→湖南长沙→北京
	第 16 次	北京→浙江杭州→北京
第七年	第 17 次	北京→重庆→北京
	第 18 次	北京→河南郑州→北京
第八年	第 19 次	北京→江苏南京→北京
	第 20 次	北京→福建福州→北京
第九年	第 21 次	北京→湖北武汉→北京
	第 22 次	北京→四川成都→北京
第十年	第 23 次	北京→新疆乌鲁木齐→北京

以上将 31 个省份类划分为 23 类，得到在十年游遍所有 201 个 5A 景区，使得费用最优、旅游体验最好的旅游线路。

由题目要求可知，为了使得总费用最优，所以我们得到了第一条目标函数如下：

$$\begin{aligned} \min \quad f_1 = & 140 X_{1,1} + 164 X_{1,2} + 0 + 700 X_{2,1} + 618 X_{2,2} + 4410 X_{2,3} + 1700 X_{3,1} + 0 + \\ & 5220 X_{3,3} + \dots + 3170 X_{24,1} + 0 + 7890 X_{24,3} \end{aligned} \quad (6-13)$$

为了使得时间上达到最优，则需要在出行方式的路途时间上花费尽量少的时间，观光游览的时间占总时间的比例尽量大些。因此，我们可以得到第二、三条目标函数如下：

$$\begin{aligned} \min \quad f_2 = & 93 X_{1,1} + 40 X_{1,2} + 0 + 467 X_{2,1} + 300 X_{2,2} + 90 X_{2,3} + 1133 X_{3,1} + 0 \\ & + 160 X_{3,3} + \dots + 2113 X_{24,1} + 0 + 240 X_{24,3} \end{aligned} \quad (6-14)$$

$$\begin{aligned} \max \quad f_3 = & 00.7254X_{1,1} + 0.7308X_{1,2} + 0 + 0.48733X_{2,1} + 0.4979X_{2,2} + 0.5118X_{2,3} \\ & + 0.5986X_{3,1} + 0 + 0.7241X_{3,3} + 0.7202X_{4,1} + 0.7323X_{4,2} + 0 + 0.5461X_{5,1} \\ & + 0.6163X_{5,2} + 0.6618X_{5,3} + 0.4845X_{6,1} + 0.5435X_{6,3} + \dots + 0.4834X_{24,1} \\ & + 0 + 0.6116X_{24,3} \end{aligned} \quad (6-15)$$

约束条件有：

(1) 每一次旅游都只能有一种出行方式：

$$\sum_{j=1}^3 X_{1,j} = 1, \sum_{j=1}^3 X_{2,j} = 1, \dots, \sum_{j=1}^3 X_{24,j} = 1 \quad (6-16)$$

(2) 每次旅游的天数不能超过 15 天：

$$93 X_{1,1} + 40 X_{1,2} \leq 7.5, 467 X_{2,1} + 300 X_{2,2} + 90 X_{2,3} \leq -106.5, \dots, 2113 X_{24,1} + 240 X_{24,3} \leq 188.49 \quad (6-17)$$

(3) 每年旅游的天数不能超过 30 天，由于每次旅游的天数都不能超过 15，所以一年只出游两次的必能满足次条件，所以这里不列出。但是如果一年出游三次的需要添加以下约束条件：

$$\begin{aligned} 1420 X_{5,1} + 619 X_{5,2} + 190 X_{5,3} + 1000 X_{6,1} + 140 X_{6,3} + 720 X_{7,1} + 337 X_{7,2} + 115 X_{7,3} &\leq -585.5 \\ 293 X_{8,1} + 100 X_{8,2} + 70 X_{8,3} + 2433 X_{9,1} + 225 X_{9,3} + 807 X_{10,1} + 309 X_{10,2} + 120 X_{10,3} &\leq 2409.5 \\ 953 X_{11,1} + 480 X_{11,2} + 150 X_{11,3} + 693 X_{12,1} + 264 X_{12,2} + 110 X_{12,3} + 1413 X_{13,1} + 570 X_{13,2} + 185 X_{13,3} &\leq 298.5 \\ 1780 X_{14,1} + 300 X_{14,3} + 980 X_{15,1} + 341 X_{15,2} + 140 X_{15,3} + 867 X_{16,1} + 390 X_{16,2} + 130 X_{16,3} &\leq -346.5 \end{aligned} \quad (6-18)$$

(4) 如果道路不通，则设置为 0：

$$X_{1,3} = 0, X_{3,2} = 0, X_{4,3} = 0, X_{6,2} = 0, X_{9,2} = 0, X_{23,2} = 0. \quad (6-19)$$

我们选取最大最小法，利用 MATLAB 对其进行求解（代码详见附录二），解得的结果如表 6-2 所示：

表 6-2 多目标线性规划解

第一次旅游			第二次旅游			第三次旅游			第四次旅游		
$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{4,1}$	$X_{4,2}$	$X_{4,3}$
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
第五次旅游			第六次旅游			第七次旅游			第八次旅游		
$X_{5,1}$	$X_{5,2}$	$X_{5,3}$	$X_{6,1}$	$X_{6,2}$	$X_{6,3}$	$X_{7,1}$	$X_{7,2}$	$X_{7,3}$	$X_{8,1}$	$X_{8,2}$	$X_{8,3}$
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
第九次旅游			第十次旅游			第十一次旅游			第十二次旅游		
$X_{9,1}$	$X_{9,2}$	$X_{9,3}$	$X_{10,1}$	$X_{10,2}$	$X_{10,3}$	$X_{11,1}$	$X_{11,2}$	$X_{11,3}$	$X_{12,1}$	$X_{12,2}$	$X_{12,3}$
0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
第十三次旅游			第十四次旅游			第十五次旅游			第十六次旅游		
$X_{13,1}$	$X_{13,2}$	$X_{13,3}$	$X_{14,1}$	$X_{14,2}$	$X_{14,3}$	$X_{15,1}$	$X_{15,2}$	$X_{15,3}$	$X_{16,1}$	$X_{16,2}$	$X_{16,3}$
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
第十七次旅游			第十八次旅游			第十九次旅游			第二十次旅游		
$X_{17,1}$	$X_{17,2}$	$X_{17,3}$	$X_{18,1}$	$X_{18,2}$	$X_{18,3}$	$X_{19,1}$	$X_{19,2}$	$X_{19,3}$	$X_{20,1}$	$X_{20,2}$	$X_{20,3}$
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
第二十一次旅游			第二十二次旅游			第二十三次旅游					
$X_{21,1}$	$X_{21,2}$	$X_{21,3}$	$X_{22,1}$	$X_{22,2}$	$X_{22,3}$	$X_{23,1}$	$X_{23,2}$	$X_{23,3}$			
0	1	0	0	0	1	0	0	1			

$$\begin{aligned}
f_1 &= V_{1,2} + V_{2,2} + V_{3,3} + V_{4,2} + V_{5,2} + V_{6,3} + V_{7,2} + V_{8,2} + V_{9,3} + V_{10,3} + V_{11,2} + V_{12,2} + V_{13,2} \\
&\quad + V_{14,3} + V_{15,2} + V_{16,2} + V_{17,2} + V_{18,2} + V_{19,2} + V_{20,2} + V_{21,2} + V_{22,3} + V_{23,3} \\
&= 164 + 618 + 5220 + 386 + 2891 + 4170 + 1547 + 554 + 8790 + 1659 + 2418 \\
&\quad + 1283 + 2586 + 6540 + 1947 + 1878 + 2303 + 945 + 1331 + 2295 + 1562 + 5070 \\
&\quad + 7890 = 64047
\end{aligned} \tag{6-20}$$

$$\begin{aligned}
f_2 &= T_{1,2} + T_{2,2} + T_{3,3} + T_{4,2} + T_{5,2} + T_{6,3} + T_{7,2} + T_{8,2} + T_{9,3} + T_{10,3} + T_{11,2} + T_{12,2} + T_{13,2} \\
&\quad + T_{14,3} + T_{15,2} + T_{16,2} + T_{17,2} + T_{18,2} + T_{19,2} + T_{20,2} + T_{21,2} + T_{22,3} + T_{23,3} \\
&= 40 + 300 + 160 + 90 + 619 + 140 + 337 + 100 + 225 + 309 + 480 + 264 + 570 \\
&\quad 300 + 341 + 390 + 720 + 240 + 234 + 650 + 310 + 180 + 240 = 7239
\end{aligned} \tag{6-21}$$

$$\begin{aligned}
f_3 &= \frac{G_1}{T_{1,2} + L_1 + G_1} + \frac{G_2}{T_{2,2} + L_2 + G_2} + \frac{G_3}{T_{3,3} + L_3 + G_3} + \dots + \frac{G_6}{T_{6,3} + L_6 + G_6} + \frac{G_7}{T_{7,2} + L_7 + G_7} \\
&\quad + \dots + \frac{G_{22}}{T_{22,3} + L_{22} + G_{22}} + \frac{G_{23}}{T_{23,3} + L_{23} + G_{23}} \\
&= 0.7308 + 0.4979 + 0.7241 + 0.7323 + 0.6163 + 0.5435 + 0.7120 + 0.6926 + 0.7987 \\
&\quad + 0.8073 + 0.6458 + 0.6993 + 0.6098 + 0.5323 + 0.6430 + 0.6929 + 0.5786 + 0.7314 \\
&\quad + 0.7660 + 0.6293 + 0.7327 + 0.6636 + 0.6116 = 15.3918
\end{aligned} \tag{6-22}$$

从多目标线性规划的解中我们可以得出结论：在保证从北京市出发的该旅游爱好者每年外出旅游的次数不超过 4 次，每次旅游的时间不超过 15 天，并且每年有不超过 30 天的外出旅游时间，即每年外出旅游的总天数在 30 天之内的条件下，选择合适的出行方式使得该旅游爱好者在每一次旅游中所需的费用最优，并且旅游体验最好。此外，还需要考虑道路不通的情况。从运行结果上可以看到，第一次到第二次、第四次到第五次、第七次到第八次、第十到第十三次、第十五到第二十一旅行出行方式都是选择高铁比较好，其余都是选择飞机更佳，这里不建议选择自驾。这样的选择使得每次旅途中的费用最少，约为 64047 元；耗时最短，约 7239 分钟；体验最好，体验值达 15.3918。总的来说，对于比较发达和中心的北京市，高铁比较普及，也相对舒适和快捷，所以更受青睐。相比之下，虽然飞机更快，但毕竟飞机的费用高，而从舒适度上来说，也并没有比高铁好很多。所以，在高铁普及和流行的前提下，更倾向于选择高铁而不是飞机也是合理的。而自驾耗时、不舒适，大大降低旅游体验值。即便是离北京市比较近的地方，在存在高铁的前提下，并不建议选择自驾。

最终，我们对该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程进行了安排，如附件一表 6-3 所示。根据该行程安排，十年游遍所有 201 个 5A 景区，费用最优为 273685 元，平均每次出游花费：11900 元，花费最少的线路为：北京→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→北京，花费 5986 元。花费最多的线路为：北京→新疆乌鲁木齐→北京，花费 25321 元。

6.4 建议

6.4.1 给旅游爱好者的建议

(1) 出发前对目的地做好充分的了解

在出发前，需要对当地的风土人情有一个大概的了解，包括对当地某些比较特别的习俗和规定，以免造成文化上的误解。另外，事先也应该对当地的天气情况做一定的了解。充分利用各种网络资源。

(2) 指定一个有变动空间的旅游计划

旅游计划是作为一名旅游人在每次出行前都必不可缺的。在指定旅游计划时，选择什么样的交通工具、目的地景点的参观顺序、住宿和饮食，都是非常重要的。在指定周密的旅游计划的同时，也需要理性地给旅途多预留一些空间，以备不时之需，应对旅途中未知的因素和突然的变动。

(3) 尽量选择群体性出行方式

从人性化角度上来看，群体性出行方式不仅对个人的人身安全更有益，也可以避免行车过程中的枯燥和无聊。在费用上，群体性出行方式更省钱。例如同样通过汽车作为交通工具出行，自驾虽然方便，但要比大巴贵得多，也比较辛苦。

另外，在选择交通工具上，高铁是一个非常好的选择。对于距离近的目的地，高铁速度快、方便且费用低。对于距离远的目的地，飞机无疑是最快捷的，但是费用大，且飞机场一般近郊，不太方便，而高铁既便宜又方便，速度也比较快。如果旅途时间不是特别紧张，长途旅行也比较推荐选择高铁出行。当然，有些城市的高铁并未得到完善，高铁班次少，甚至还没有开通，这是它一个比较大的缺点。

(4) 同时尽量关注目的地景点周边其他景点

在完成原定计划的基础上，可以去周边景点进行一些简单的游玩。在一个比较大的旅行计划之前，可以先在当地比较中心的地方做一个实地的规划。临近的景点可以一起游完，这样既可以节约时间，也可以减少费用，更能提高本次旅途带来的体验值。如果有必要，也可以考虑到跨省游完。

6.4.2 给旅游规划设计单位的建议

通过旅游规划及其实施来产生效益，已成为旅游规划的终极目的^[15]。因此成功的旅游规划能够为旅游地建构游客、东道主、旅游开发商、地方政府互生共赢的发展系统，并最终促进整个旅游产业的可持续发展^[16]。可以看出，旅游规划设计单位是整个旅游业的灵魂所在，其发展的好坏直接影响整个旅游业的发展前景。然而目前国内旅游规划设计单位在发展过程中存在着对于当地旅游资源定位失当、旅游规划千篇一律、规划人员综合素质与管理水平较低、损害当地居民的权益等问题。为了解决这些问题，可以从下面几个角度入手：

(1) 正确认识当地旅游资源

不是所有拥有旅游资源的地方都要把旅游业发展壮大的，一些资源品位不高、内涵不深、外延又有限的旅游资源，更要放到周边地区、全省乃至全国的大市场中去进行评判，实事求是地认识其资源的客观价值，然后在这个认识基础上再去进行市场定位、设计产品，从而搞好规划。

(2) 进行旅游产业的跨界融合

在进行旅游规划时不但要考虑与旅游产业内部的融合，更要加强与国民经济其他产业部门的跨界融合，只有这样，整个旅游规划行业才能表现出更强大的生命力和创新力，才能更好的满足越来越多样化的旅游需求。这样的跨界融合是社

会发展到一定阶段的产物,是伴随着旅游业和社会不断发展而出现的一种必然现象^[17]。

(3) 加强人才吸收和人员考核

旅游规划设计单位需要吸收人才,以加强队伍知识结构的多元化。因为多层次、跨学科人才的交流与合作有助于从更广阔的视角去编制旅游规划,有助于提高规划的质量,也有助于我国旅游规划设计单位规模化、多元化发展。

另外还要实行人员管理制度改革,例如制定与实施旅游规划专职人员考核制度,规范各个方面,加强旅游规划人才的培养力度,避免发生弄虚作假现象,以此提高旅游规划的总体质量。

(4) 挖掘当地旅游文化特色

文化在旅游规划中起着重要的作用,若应用合理,可以提升一个地区的旅游资源对游客的旅游吸引力,凸显出一个旅游活动过程的实实在在的意义,加强游客在情感内涵上的感受。

因此,旅游规划管理人员应当充分重视旅游规划地的考察,了解旅游规划地的人文风情,并且派遣专职考察人员进场实地考察,确保考察的有效性、合理性,以此确保旅游规划的总体质量。进行差异化规划,构筑产品的特色和韵味,形成市场的亮点和热点,这样的规划才会是成功的^[15]。

(5) 与当地居民共发展

很多规划单位为了自身利益考虑,为了图方便省时间,没有做与当地的居民和专家的沟通工作,甚至损害当地居民的权益,造成一系列不愉快事件的发生^[18]。

为了当地旅游业的持续发展,旅游规划中要重视当地居民的需求,做到共同发展。政府和非政府组织之间要加强沟通协商,广泛收集社区居民的意见建议,共同监察、督促旅游企业和开发商的经营管理,以此充分体现和落实社区居民的主体地位。还可以积极与当地高校、社会成功人士进行合作,成立专家顾问团,来研究更为合理的规划方案。

(6) 开发省内或邻省间景点套票

如上文所述,综合考虑出行时间、费用和舒适程度等多方面因素,一次性游完本省内 5A 级景点是比较好的方式。因此,为了方便游客的出行和规划,旅游规划设计单位可以推出全省内 5A 级景点门票套票,这样既方便了游客,不用多次、间断地排队购票,也可以促进本省内旅游业的发展。

同样,在景点地理位置比较靠近的省际之间,也可以推出这样的套票服务,间接性地提供旅游规划服务。

(7) 提供省内或邻省间景点线路大巴

在已给出旅游线路的基础上,根据每个景点的最少游玩时间,指定周密的旅游计划,推出线路大巴。这样可以有效简化大量自驾带来的交通压力,也可以减少旅游费用和资源上的耗费。

七、问题四

7.1 解题思路概述

这部分，我们将在第三问的基础上，通过结合考虑游览 4A 级景区，从而更加合理地规划该旅游爱好者的十年旅游计划。主要思路如下：首先，先求出每次旅游剩余的时间和每年旅游剩余的时间；其次，参照剩余的时间表，我们以浙江省所在的年份为例，综合考虑游览 4A 级景区，并制定更加合理的十年旅游计划；最后，对所得到的结果进行分析和评价。

问题四的解题思路流程如下所示：

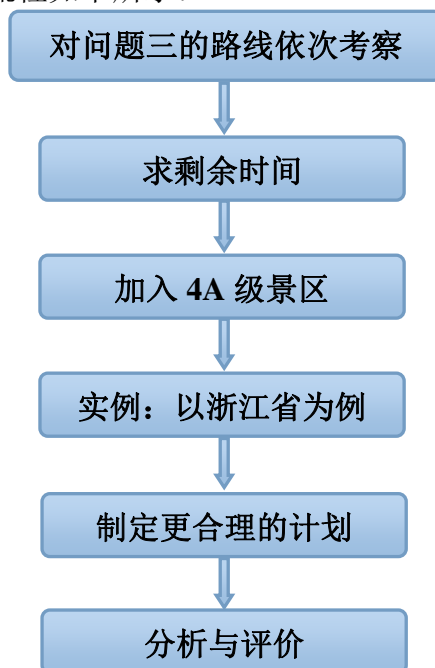


图 7.1 第七部分思路流程图

7.2 数据处理

首先，先求出每次旅游剩余的时间和每年旅游剩余的时间。根据表 6-1 中该旅游爱好者每年的游览路径，并结合附录一表 6-3，我们可以得出单次旅游剩余时间和年剩余时间情况表，如附件一表 7-1 所示。根据这个表，综合考虑游览 4A 级景区，然后制定更加合理的十年旅游计划。

根据《附件 7-国家 AAAA 级旅游景区》，并结合网上信息对相关的 4A 级景区信息进行查询，从而得到这些相关的 4A 级景区的票价信息，具体的 4A 级景区选取过程请见下文。

7.3 模型的建立与求解

从《附件 7-国家 AAAA 级旅游景区》中可以看出，全国 4A 级景区数量众多，所以我们第一步要对数据进行筛选，挑选出比较适合的相关 4A 级景区。由于问题一和二中都我们以浙江省为例，所以这里我们也先以浙江省所在的年份为例，再推广到其他省份，通过选取合适的 4A 级景区，从而制定更加合理的十年旅游计划。具体的求解流程如下：

① 我们先需要对浙江省内的 44 个 4A 级景区进行筛选。由于要将 4A 级景区

加入到旅游路径中，且希望能游览尽量多的 4A 级景区，所以我们可以从 5A 级景区所在的城市就近选取，这样将可以大大的节省路途时间。因此，为了简化问题，我们挑选的主要依据就是：判断该 4A 级景区是否与相近的 5A 级景区在同一城市内。如果是，则选取该 4A 级景区作为候选对象；否则，继续查找下一个。

② 对筛选出的 4A 级景区进行信息查找。再次简化问题，我们假设每个 4A 级景区的游览时间都为半天，其中包括路途时间。此外，我们还可以从网上获得相关 4A 级景区的门票价格。

③ 通过对比相关数据信息而决定是否选取该 4A 级景区加入行程。为了操作简单，在已知游览时间都为半天的前提下，我们将根据 4A 级景区的门票价格选取要加入行程的 4A 级景区。也即先对价格进行排序，选择价格较低的 4A 级景区加入行程。

在地图中标出浙江省内所有的 4A 级景区和 5A 级景区，并根据是否在同一城市内选取候选的 4A 级景区。如图 7.2 所示。



图 7.2 浙江省内所有的 4A 级景区和 5A 级景区标注图

从图 7.2 中可知，湘湖、宋城、金杭大运河、柯夏线、三衢石林和横店红色旅游城等可以选为候选的 4A 级景区。从附件一表 7-1 中可知，云南省、湖南省和浙江省在同一年，所以我们结合云南省和湖南省的 4A 级景区情况，通过步骤①的筛选，可以得到候选的 4A 级景区，再通过步骤②的查阅资料，可以得到表 7-2。

表 7-2 云南省、湖南省和浙江省候选的 4A 级景区及其票价

省份	候选的 4A 级景区	门票（元）
浙江省	杭州湘湖	18
	宋城	180
	京杭大运河（杭州段）	40
	金华东阳横店红色旅游城	70
	常山三衢石林	60
	绍兴柯岩风景区	60
云南省	九乡风景名胜区	99
	云南世界园艺博览园	60
	云南民族村	78
	云南野生动物园	80
	宁蒗泸沽湖景区	48
	宾川鸡足山景区	42
	西双版纳傣族园	168
湖南省	长沙靖港古镇景区	40
	张家界茅岩河-九天洞旅游区	27
	湖南省森林植物园	10
	张家界大峡谷	80
	长沙海底世界	115
	长沙胡耀邦故里旅游区	0
	岳阳张谷英旅游区	25
	张家界宝峰湖风景名胜区	80
	湖南省博物馆	0
	长沙天心阁	32
	长沙市雷锋纪念馆	16
	长沙世界之窗	130
	长沙大围山国家森林公园	50
	衡阳罗荣桓故居-纪念馆	5
	张家界市贺龙纪念馆	20

7.4 结果分析及评价

根据步骤③，我们先对表 7-2 中的票价进行排序，然后由于这一年除了这三个省的 5A 级景区的游览外，只剩下 1 天，所以只能从表 7-2 中选取两个 4A 级景区，分别是价格最低的长沙胡耀邦故里旅游区和湖南省博物馆，总花费 0 元。因此，只需将这两个旅游景区加入到附录一表 6-4 该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程安排表中即可。由于文本长度有限，所以这里我们不再详细地列举每一次旅游的具体路线行程，只要在附录一表 6-4 的相应位置插入记录即可。

当然，在选取 4A 级景区的过程中，我们要充分考虑现有路径中是否有足够的时间来添加 4A 级景区的路径。例如，如附录一表 7-1 所示，在第 1 年的旅游路径中，我们可以知道第 1 年只剩下 1 天时间可以用来游 4A 级景区。由于旅游线路：北京→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→北京，已经满 15 天，所以只能将 4A 级景区安排在线路：北京→辽宁沈阳→黑龙江哈尔滨→北京上。而对于浙江省所在的年份内，每条路径的剩余时间都足够放下相应的 4A 级景区，所以过程中不需要考虑是否会超出时间限制。

八、总结和展望

8.1 总结

本文研究的是旅游路线规划问题的建模，根据现有景点数量及空间位置、不同交通方式的费用和用时，以及油费、住宿费、租车费等数据，科学合理地为某旅游爱好者提供 10 年内游完 201 个 5A 级景区的最佳路线安排。采用最短路径法、多目标线性规划等方法建立模型，通过 MATLAB、SAS 等软件求解，最终得到在多种约束条件下，常住在某地的旅游爱好者的最优旅游路线规划方案。

我们采用先局部后全局的处理方式对最优解进行求解，根据附件 1 已给出的国家旅游局公布的 5A 级景区及相关信息，以省份为分类依据，将所有的 5A 级景区划分为 31 类。首先，采用最短路径法分别求解每一类，即每个省类内 5A 级景区全部游完所需要的最短时间、最少费用和最佳体验值；其次，通过模仿普利姆算法构建最小生成树的原理改进算法，得到改进后的省份类游览顺序选择算法，得到最佳的省份类旅游浏览顺序；接着，通过多目标线性规划确定每次出行的最佳出行方式，使得出行耗时最短的情况下，费用最少，并且旅游者的体验最佳；最后，综合以上结论，可以为任意常住地的游客指定时间最佳、费用最少、体验最好的旅游出行计划。另外，在 5A 级景点的基础上，综合考虑时间和费用因素，拓展增加了 4A 级景点，满足旅游者更多的需求。

从具体结果上来看，对于常住地为西安市的旅游者来说，在最优路线选择下，车票总费用约为 76057 元，最短路途用时为 5527 分钟，观光时间占总时间比例累计达 16.1896。根据该行程安排，十年游遍所有 201 个 5A 级景区，费用最优为 301941 元。

对上述模型进行推广，使其能够适用于全国任何常住地。根据该推广后的省份类游览顺序选择算法进行聚类，以获得费用最优、旅游体验最好的旅游路线。

利用所推广的模型，可以给出常住地在北京市的旅游者的十年旅游计划。常住地在北京市的旅游者在所指定的最优路线下，计算得到最少费用为 64047 元；耗时最短约 7239 分钟；观光时间占总时间比例累计达到 15.3918。

就出行方式来说，总的来说，高铁的出行方式优于乘坐飞机也优于自驾，尤其去离常住地近的地方旅游时，并不建议选择自驾；旅游规划设计单位在设计旅行路线的时候，可推出全省内 5A 级景点门票套票以方便消费者，旅行有关部门还可以推出线路大巴，简化大量自驾带来的交通压力，从而提高景区环境舒适度。

8.2 展望

在问题一的求解过程中，本文是按省份进行分类的，其中可能会存在一些不合理性和不足。为了寻求最佳的旅游规划线路，找到更加合理的聚类方法将是我们以后继续要探究的问题。除了本文中的按省份进行分类外，还可以根据西安到其他省会城市之间的距离远近进行分类。对于这种分类方法我们也已经做了一些初步的探讨。

首先，我们查找了国家 5A 级旅游景区的地理经纬度信息，如表 8-1 所示。

其次，根据以下公式，将经纬度转化为直角坐标数据。

$$x_i = \frac{2 * \pi * 6400 * lon_i * lat_i}{90 * 180}; y_i = \frac{\pi * 6400 * lat_i}{180} \quad (8-1)$$

其中 lon_i 表示 i 地点的经度， lat_i 表示 i 地点的纬度。再根据两点间距离公式： $\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ ，求出每个景点到西安的距离。

最后，利用 SAS9.3 进行系统聚类操作后，得到聚类分析树形图如图 8.1 所示。

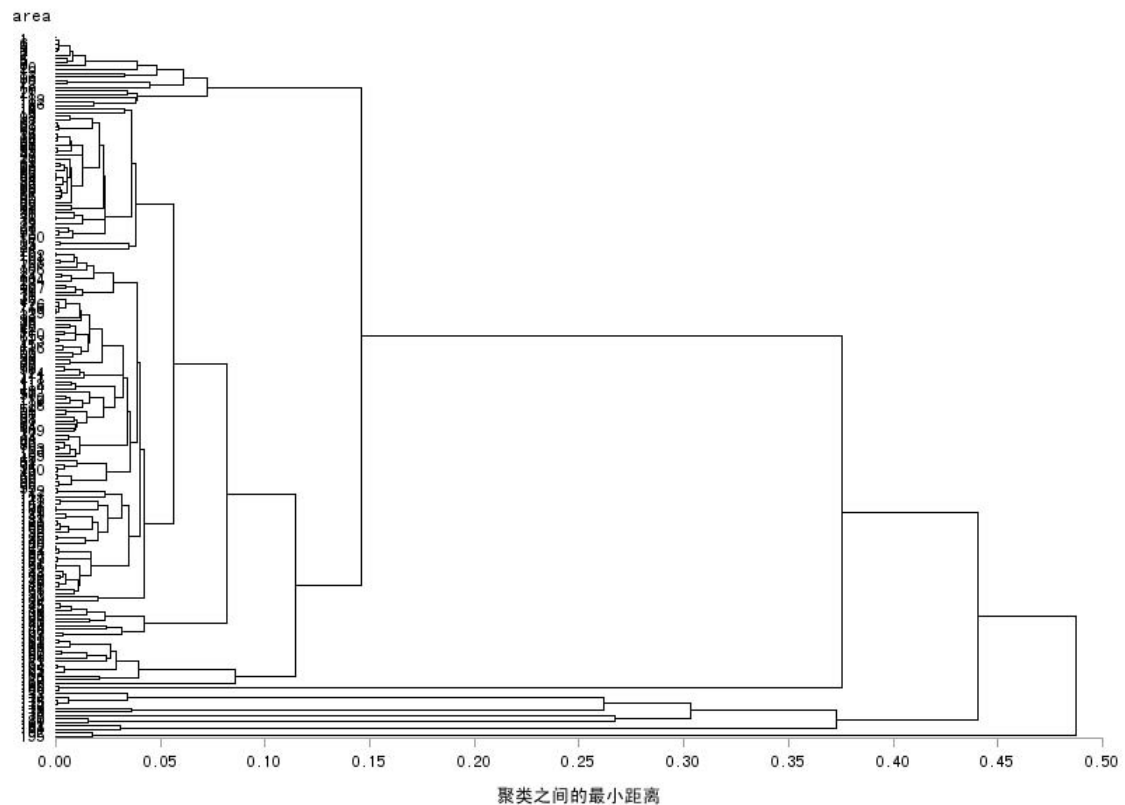


图 8.1 聚类分析树形图

结合聚类分析树形图，建议分为 10 类。从图 8.1 中可以看出：北京、天津、河北、内蒙古、山东为一类；河南、陕西为一类；江西、湖南、湖北、上海、浙江、江苏、安徽为一类；福建为一类；甘肃、青海、宁夏为一类；重庆、四川、贵州为一类；广东、广西、海南为一类；云南为一类；吉林、黑龙江、辽宁为一类；西藏和新疆为最后一类。具体的聚类结果如附录一表 8-1 所示。

通过这种方法得到的第一问结果可能与我们所求的不一致，但由于篇幅和时间有限，所以未对其继续求解，该工作是我们后续要继续探讨的问题。

九、参考文献

- [1] 王玉英. 数学建模及其软件实现[M]. 北京:清华大学出版社,2015.
- [2] 王宏勇,卢战伟. 嵌入式 GIS 最短路径分析中 Dijkstra 法改进[J]. 测绘学院学报,2005,(1).
- [3] 蒲在毅,任建军. 用标号法实现单源最短路径问题的迪杰斯特(dijkstra)算法[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),2003,(1).
- [4] 肖位枢主编. 图论及其算法[M]. 北京:航空工业出版社,1993.
- [5] H. A. 艾赛特,H.冯·弗拉杰编;关世义译. 运筹学常用算法手册[M]. 北京:国防工业出版社,1984.
- [6] 李萍,王春红,王文霞,任姚鹏. 最小生成树算法在旅行商问题中的应用[J]. 电脑开发与应用,2012,(1).
- [7] 王化宇. 最小生成树算法及其应用[J]. 内蒙古科技与经济,2011,(6).
- [8] 程冠琦. 《数据结构》最小生成树算法的分析和实现[J]. 科技信息(学术研究),2008,(8).
- [9] 雍龙泉. 求解线性规划的几种方法[J]. 江西科学.2007.2(25).
- [10] 李皓白,滕春贤编著. 单目标和多目标线性规划[M]. 哈尔滨:黑龙江教育出版社,1993(7).
- [11] 朱梅红著. 多目标线性规划分类方法业绩分析与改进研究[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社.2011(6).
- [12] 王红崧. 基于多目标线性规划的旅游决策研究:以丽江古城客栈旅游资源为例[J]. 绿色科技绿色科技.2012(9).
- [13] 鲁雄飞. 基于线性规划方法的铁(公)路工程方案应用研究[D].西南交通大学.2011.
- [14] 和明华. 简单线性规划问题教学现状的调查与研究[D]. 河北师范大学.2011.
- [15] 王大悟. 关于旅游规划若干认识的探讨[J]. 旅游学刊.2001(5).
- [16] 黄冬梅,何学海,罗明春. 旅游凝视:旅游规划的困境[J]. 时代农机.2015(4).
- [17] 程锦,陆珠. 旅游产业研究进展及启示[J]. 旅游学刊.2011,7. 6(4):13-19.
- [18] 李永文,康洪成. 旅游规划管制问题及其对策研究[J]. 人文地理.2011(2):122-127.
- [19] 吴骏编. SPSS 统计分析从零开始学[M]. 北京:清华大学出版社,2014.

附录一：

省会城市	北京	天津	河北 石家庄	山西 太原	内蒙 呼和浩特	辽宁 沈阳	吉林 长春	黑龙江 哈尔滨	上海	江苏 南京	浙江 杭州	安徽 合肥	福建 福州	江西 南昌	山东 济南	河南 郑州	湖南 长沙	湖北 武汉	广东 广州	广西 南宁	海南 海口	重庆	四川 成都	贵州 贵阳	云南 昆明	西藏 拉萨	陕西 西安	甘肃 兰州	青海 西宁	宁夏 银川	新疆 乌鲁木齐
简化代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

表 4-1 游遍各省份类里面的 5A 级景区的最少时间表

省份类名	北京 类	天津 类	河北 类	山西 类	内蒙 古类	辽宁 类	吉林 类	黑龙江 类	上海 类	江苏 类	浙江 类	安徽 类	福建 类	江西 类	山东 类	河南 类	湖南 类	湖北 类	广东 类	广西 类	海南 类	重庆 类	四川 类	贵州 类	云南 类	西藏 类	陕西 类	甘肃 类	青海 类	宁夏 类	新疆 类
最少时间 (天)	5	3	6	5	3	4	4	4	7	9	9	8	8	7	7	10	6	10	7	4	4	7	9	4	6	2	5	4	3	4	9

表 4-3 省会城市间道路信息

单位：天

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	3	2	3	4	4	3	3	3	4	6	2	3	3	2	5
2	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	3	2	3	4	4	3	3	3	4	6	2	3	3	2	5
3	1	1	0	1	1	2	2	3	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	3	3	4	3	3	3	4	5	2	2	2	2	5
4	1	1	1	0	1	2	3	3	2	2	2	2	3	2	1	1	2	2	3	3	4	2	2	3	4	5	1	2	2	2	4
5	1	1	1	1	0	2	2	3	3	3	3	3	4	3	2	2	3	2	4	4	5	3	3	3	4	5	2	2	2	1	4
6	1	1	2	2	2	0	1	1	3	3	3	3	4	3	2	2	3	3	4	5	5	4	4	4	5	6	2	3	4	3	6

7	2	2	2	3	2	1	0	1	3	3	3	3	4	4	2	3	4	3	5	5	6	4	4	5	5	7	2	4	4	3	6
8	2	2	3	3	3	1	1	0	4	3	4	3	5	4	3	3	4	4	5	5	6	5	5	5	6	7	3	4	5	4	7
9	2	2	2	2	3	3	3	4	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	6	2	3	4	3	6
10	2	2	2	2	3	3	3	3	1	0	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3	3	2	3	3	4	6	2	3	3	3	6
11	2	2	2	2	3	3	3	4	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	6	2	3	4	3	6
12	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	0	2	1	1	1	2	1	2	3	3	2	3	3	3	6	2	3	3	3	5
13	3	3	3	3	4	4	4	5	2	2	1	2	0	1	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	7	2	4	4	4	6
14	2	2	2	2	3	3	4	4	2	1	1	1	1	0	2	2	1	1	2	2	2	2	3	2	3	6	2	3	3	3	6
15	1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	2	1	3	2	0	1	2	2	3	3	4	3	3	3	4	6	2	3	3	2	5
16	1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	2	1	2	2	1	0	2	1	3	3	3	2	2	3	3	5	1	2	2	2	5
17	3	3	2	2	3	3	4	4	2	2	2	2	2	1	2	2	0	1	1	2	2	2	2	2	2	6	2	3	3	3	5
18	2	2	2	2	2	3	3	4	2	1	2	1	2	1	2	1	1	0	2	2	3	2	2	2	3	5	2	2	3	3	5
19	3	3	3	3	4	4	5	5	3	2	2	2	2	2	3	3	1	2	0	1	1	2	3	2	2	5	2	4	4	4	6
20	4	4	3	3	4	5	5	5	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	1	0	1	2	2	1	2	5	2	3	3	4	6
21	4	4	4	4	5	5	6	6	3	3	3	3	3	2	4	3	2	3	1	1	0	2	3	2	2	5	2	4	4	4	7
22	3	3	3	2	3	4	4	5	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	0	1	1	2	4	1	2	2	2	5
23	3	3	3	2	3	4	4	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	1	0	1	2	3	2	2	2	3	5
24	3	3	3	3	3	4	5	5	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	1	1	0	1	4	2	2	3	3	5
25	4	4	4	4	4	5	5	6	4	4	4	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	2	2	1	0	4	2	3	3	4	6
26	6	6	5	5	5	6	7	7	6	6	6	6	7	6	6	5	6	5	5	5	5	4	3	4	4	0	3	4	3	4	4
27	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	0	1	2	2	2
28	3	3	2	2	2	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	2	3	2	4	3	4	2	2	2	3	4	1	0	1	1	3
29	3	3	2	2	2	4	4	5	4	3	4	3	4	3	3	2	3	3	4	3	4	2	2	3	3	3	2	1	0	1	3
30	2	2	2	2	1	3	3	4	3	3	3	3	4	3	2	2	3	3	4	4	4	2	3	3	4	4	2	1	1	0	3
31	5	5	5	4	4	6	6	7	6	6	6	5	6	6	5	5	5	5	6	6	7	5	5	5	6	4	2	3	3	3	0

备注：上表给出了省会城市之间行车天数，假设城市之间都是高速路。

表 4-7 该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程安排表（问题一）

第 1 次旅游线路：陕西西安→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	天津市	733	1100	
天津市	天津古文化街旅游区（津门故里）	120	130	0.5
天津古文化街旅游区（津门故里）	天津蓟县盘山风景名胜區	87	120.0	1
天津蓟县盘山风景名胜區	内蒙古呼和浩特	265	550.3	
呼和浩特市	鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区	164	220	1
鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区	鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区	75	112.5	0.5
鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区	太原市	340	453.8	
太原市	晋中市乔家大院文化园区	60	60	0.5
	晋中市平遥县平遥古城景区	50	37.4	0.5
晋中市平遥县平遥古城景区	晋中市介休市绵山风景名胜區	78	70.6	0.5
	晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区	228	348.7	0.5
晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区	忻州五台山风景名胜區	409	523.2	0.5
忻州五台山风景名胜區	大同云冈石窟	236	234.4	1
大同云冈石窟	陕西省西安市	733	1100	

第 2 次旅游线路：陕西西安→辽宁沈阳→北京→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间 (/分)	行车里程 (/公里)	最少游玩时间 (/天)
陕西省西安市	沈阳市	1167	1750	
沈阳市	沈阳植物园	40	25	0.5
	大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆	273	411.9	0.5
大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆	大连金石滩景区(地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)	72	56.6	0.5
大连金石滩景区(地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)	本溪市本溪水洞景区	293	418.9	1
本溪市本溪水洞景区	北京市	511	769.8	
北京市	故宫博物院	0	0	0.5
	天坛公园	16	5.6	0.5
天坛公园	颐和园	39	24.2	0.5
	八达岭—慕田峪长城旅游区	71	63.3	0.5
八达岭—慕田峪长城旅游区	明十三陵景区(神路-定陵-长陵-昭陵)	53	37.2	0.5
	北京奥林匹克公园(鸟巢-水立方-中国科技馆-国家奥林匹克森林公园)	38	35.1	0.5
北京奥林匹克公园(鸟巢-水立方-中国科技馆-国家奥林匹克森林公园)	恭王府景区	23	10.3	0.5
恭王府景区	陕西省西安市	1167	1750	

第 3 次旅游线路：陕西西安→吉林长春→海南海口→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间 (/分)	行车里程 (/公里)	最少游玩时间 (/天)
陕西省西安市	长春市	1360	2040	
长春市	长春伪满皇宫博物馆	0	0	0.5
	长春市长影世纪城景区	34	24.8	0.5
长春市长影世纪城景区	长春净月潭景区	36	14.0	0.5
长春净月潭景区	长白山景区	420	441.9	1
长白山景区	海口市	1360	3878.4	
海口市	陵水县分界洲岛旅游区	60	90	0.5
	保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区	69	81.7	0.5
保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区	保亭县呀诺达雨林文化旅游区	22	9.8	0.5
	三亚南山文化旅游区	83	70.3	0.5
三亚南山文化旅游区	三亚南山大小洞天旅游区	22	6.8	0.5
三亚南山大小洞天旅游区	陕西省西安市	1360	2040	

第 4 次旅游线路：陕西西安→贵州贵阳→青海西宁→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间 (/分)	行车里程 (/公里)	最少游玩时间 (/天)
陕西省西安市	贵阳市	713	1070	
贵阳市	毕节市百里杜鹃景区	180	140	1
毕节市百里杜鹃景区	安顺龙宫景区	203	208.9	0.5
	安顺镇宁县黄果树瀑布景区	70	47.7	0.5
安顺镇宁县黄果树瀑布景区	黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区	337	403.9	1
黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区	西宁市	1200	1831.3	
西宁市	西宁市湟中县塔尔寺景区	36	28.8	0.5
西宁市湟中县塔尔寺景区	青海湖风景区	171	170.3	1
青海湖风景区	陕西省西安市	713	1070	

第 5 次旅游线路：陕西西安→宁夏银川→甘肃兰州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	银川市	493	740	
银川市	银川镇北堡西部影视城	60	30	0.5
	银川市灵武水洞沟旅游区	59	69.90	0.5
银川市灵武水洞沟旅游区	石嘴山平罗县沙湖旅游景区	66	78.97	1
石嘴山平罗县沙湖旅游景区	中卫沙坡头旅游景区	190	263.67	0.5
中卫沙坡头旅游景区	兰州市	225	340	
兰州市	平凉崆峒山风景名胜区	0	0	1
平凉崆峒山风景名胜区	天水麦积山景区	360	224.6	0.5
	嘉峪关文物景区	853	1118.8	0.5
嘉峪关文物景区	酒泉市敦煌沙山月牙泉景区	613	714.4	1
酒泉市敦煌沙山月牙泉景区	陕西省西安市	493	740	

第 6 次旅游线路：陕西西安→广西南宁→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	南宁市	1093	1640	
南宁市	南宁市青秀山旅游区	0	0	0.5
	桂林独秀峰·靖江王城景区	321	389.1	0.5
桂林独秀峰·靖江王城景区	桂林漓江风景区	48	23.8	1
桂林漓江风景区	桂林兴安县乐满地度假世界	91	94.2	1
桂林兴安县乐满地度假世界	陕西省西安市	1093	1640	

第 7 次旅游线路：陕西西安→河北石家庄→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	石家庄	527	790	
石家庄	石家庄平山县西柏坡景区	120	90	1
石家庄平山县西柏坡景区	保定安新白洋淀景区（文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园）	181	264. 0	1
保定安新白洋淀景区（文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园）	秦皇岛山海关景区（老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙）	281	419. 0	1
秦皇岛山海关景区（老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙）	承德避暑山庄及周围寺庙景区（普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺）	173	241. 0	1
承德避暑山庄及周围寺庙景区（普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺）	保定涞水县野三坡景区（百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关）	283	380. 1	1
保定涞水县野三坡景区（百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关）	陕西省西安市	527	790	

第 8 次旅游线路：陕西西安→黑龙江哈尔滨→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	哈尔滨市	1540	2310	
哈尔滨市	哈尔滨太阳岛景区	0	0	0. 5
	牡丹江宁安市镜泊湖景区	300	407. 9	0. 5
牡丹江宁安市镜泊湖景区	伊春市汤旺河林海奇石景区	583	753. 0	0. 5
	黑河五大连池景区	315	402. 0	0. 5
黑河五大连池景区	大兴安岭地区漠河北极村旅游景区	772	851. 8	1
大兴安岭地区漠河北极村旅游景区	陕西省西安市	1540	2310	

第 9 次旅游线路：陕西西安→湖南长沙→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	长沙市	660	990	
长沙市	长沙岳麓山—橘子洲旅游区	0	0	0.5
	长沙市宁乡县花明楼景区	62	47.4	0.5
长沙市宁乡县花明楼景区	湘潭韶山旅游区	7	2.1	0.5
	衡阳南岳衡山旅游区	134	133.7	0.5
衡阳南岳衡山旅游区	郴州市东江湖旅游区	153	191.2	0.5
	岳阳岳阳楼—君山岛景区	394	463.2	0.5
岳阳岳阳楼—君山岛景区	张家界武陵源—天门山旅游区	286	327.0	2
张家界武陵源—天门山旅游区	陕西省西安市	660	990	

第 10 次旅游线路：陕西西安→上海&江苏苏州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	上海市	927	1390	
上海市	上海野生动物园	0	0	1
上海野生动物园	上海科技馆	36	34.2	0.5
	东方明珠广播电视塔	12	5.0	0.5
东方明珠广播电视塔	苏州昆山周庄古镇景区	107	84.2	0.5
	苏州吴江同里古镇景区	35	18.5	0.5
苏州吴江同里古镇景区	苏州吴中太湖旅游区（旺山—穹窿山—东山）	70	45.3	1
苏州吴中太湖旅游区（旺山—穹窿山—东山）	苏州园林（拙政园—留园—虎丘）	74	50.0	0.5
	苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区	16	10.6	0.5
苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区	苏州常熟沙家浜—虞山尚湖旅游区	41	40.1	1
苏州常熟沙家浜—虞山尚湖旅游区	陕西省西安市	927	1390	

第 11 次旅游线路：陕西西安→江西南昌→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	南昌市	727	1090	
南昌市	九江庐山风景名胜区	145	170	1
九江庐山风景名胜区	景德镇古窑民俗博览区	157	172.4	0.5
景德镇古窑民俗博览区	上饶婺源县江湾景区	83	106.2	1
上饶婺源县江湾景区	上饶三清山旅游景区	115	132.4	1
上饶三清山旅游景区	鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区	178	201.8	1
鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区	赣州市瑞金市共和国摇篮景区	226	310.6	0.5
赣州市瑞金市共和国摇篮景区	吉安井冈山风景旅游区	243	314.6	1
吉安井冈山风景旅游区	陕西省西安市	727	1090	

第 12 次旅游线路：陕西西安→山东济南→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	济南市	607	910	
济南市	济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）	0	0	1
济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）	泰安泰山景区	166	80.1	1
泰安泰山景区	济宁曲阜明故城三孔旅游区	82	77.8	0.5
	枣庄台儿庄古城景区	126	164.3	0.5
枣庄台儿庄古城景区	山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）	164	147.5	1
山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）	青岛崂山景区	235	318.9	0.5
	威海刘公岛景区	200	308.4	0.5
威海刘公岛景区	烟台蓬莱阁—三仙山—八仙过海旅游区	139	160.2	0.5
	烟台龙口南山景区	54	48.7	0.5
烟台龙口南山景区	陕西省西安市	607	910	

第 13 次旅游线路：陕西西安→西藏拉萨→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	拉萨	1893	2840	
拉萨	拉萨布达拉宫景区	0	0	0.5
	拉萨大昭寺景区	6	1.5	0.5
拉萨大昭寺景区	陕西省西安市	1893	2840	

第 14 次旅游线路：陕西西安→重庆→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	重庆市	467	700	
重庆市	南川金佛山—神龙峡风景区	120	130	1
南川金佛山—神龙峡风景区	万盛黑山谷—龙鳞石海风景区	73	50.7	1
万盛黑山谷—龙鳞石海风景区	酉阳桃花源旅游景区	282	324.8	1
酉阳桃花源旅游景区	武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）	196	210.0	2
武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）	大足石刻景区	277	269.7	0.5
	巫山小三峡—小小三峡旅游区	431	521.8	0.5
巫山小三峡—小小三峡旅游区	陕西省西安市	467	700	

第 15 次旅游线路：陕西西安→安徽合肥→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	合肥市	613	920	
合肥市	阜阳市颍上县八里河风景区	150	180	0.5
阜阳市颍上县八里河风景区	六安市金寨县天堂寨旅游景区	254	303.0	1
阜阳市颍上县八里河风景区	安庆潜山县天柱山风景区	245	218.0	1
安庆潜山县天柱山风景区	池州青阳县九华山风景区	178	215.6	1
池州青阳县九华山风景区	黄山市黄山风景区	131	138.8	1
黄山市黄山风景区	黄山市黟县皖南古村落—西递宏村	50	33.9	1
黄山市黟县皖南古村落—西递宏村	黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）	78	66.8	1
黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）	宣城市绩溪县龙川景区	81	57.0	1
宣城市绩溪县龙川景区	陕西省西安市	613	920	

第 16 次旅游线路：陕西西安→福建福州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	福州市	1100	1650	
福州市	福州市三坊七巷景区	0	0	0.5
	厦门鼓浪屿风景名胜区	221	260.2	0.5
厦门鼓浪屿风景名胜区	泉州市清源山风景名胜區	104	91.3	1
泉州市清源山风景名胜區	福建土楼（永定・南靖）旅游景区	207	217.1	1
福建土楼（永定・南靖）旅游景区	三明泰宁风景旅游区	397	464.6	1
三明泰宁风景旅游区	南平武夷山风景名胜區	141	163.1	1
南平武夷山风景名胜區	宁德屏南（白水洋・鸳鸯溪）旅游景区	152	177.9	1
宁德屏南（白水洋・鸳鸯溪）旅游景区	宁德市福鼎太姥山旅游区	187	209.7	1
宁德市福鼎太姥山旅游区	陕西省西安市	1100	1650	

第 17 次旅游线路：陕西西安→云南昆明→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	昆明市	1060	1590	
昆明市	昆明石林风景区	60	80	0.5
昆明石林风景区	中科院西双版纳热带植物园	528	625.3	1
中科院西双版纳热带植物园	大理崇圣寺三塔文化旅游区	689	862.7	1
大理崇圣寺三塔文化旅游区	丽江古城景区	171	174.0	1
丽江古城景区	丽江玉龙雪山景区	56	31.9	0.5
丽江玉龙雪山景区	迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	299	227.9	1
迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	陕西省西安市	1060	1590	

第 18 次旅游线路：陕西西安→广东广州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	广州市	1100	1650	
广州市	广州白云山景区	0	0	0.5
广州白云山景区	广州长隆旅游度假区	56	31.1	1
广州长隆旅游度假区	惠州市罗浮山景区	88	105.8	1
惠州市罗浮山景区	深圳观澜湖休闲旅游区	110	78.5	0.5
	深圳华侨城旅游度假区	65	30.5	0.5
深圳华侨城旅游度假区	佛山市德顺区长鹿旅游休博园	99	111.4	0.5
	佛山西樵山景区	47	39.0	0.5
佛山西樵山景区	清远连州地下河旅游景区	214	307.5	0.5
	韶关仁化丹霞山景区	202	253.7	0.5
韶关仁化丹霞山景区	梅州市梅县区雁南飞茶田景区	423	574.0	0.5
梅州市梅县区雁南飞茶田景区	陕西省西安市	1100	1650	

第 19 次旅游线路：陕西西安→浙江杭州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	杭州市	887	1330	
杭州市	杭州西湖风景区	0	0	0.5
	杭州西溪湿地旅游区	31	12.4	0.5
杭州西溪湿地旅游区	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区	71	88.7	0.5
	湖州市南浔区南浔古镇景区	33	21.4	0.5
湖州市南浔区南浔古镇景区	嘉兴南湖旅游区	59	49.9	0.5
	绍兴市鲁迅故里—沈园景区	91	104.8	0.5
绍兴市鲁迅故里—沈园景区	宁波奉化溪口—滕头旅游景区	111	126.9	0.5
宁波奉化溪口—滕头旅游景区	舟山普陀山风景区	143	153.7	1
舟山普陀山风景区	温州乐清市雁荡山风景区	270	324.9	1
温州乐清市雁荡山风景区	金华东阳横店影视城景区	180	198.6	0.5
	衢州市开化根宫佛国文化旅游区	203	253.5	0.5
衢州市开化根宫佛国文化旅游区	杭州淳安千岛湖风景区	186	194.7	1
杭州淳安千岛湖风景区	陕西省西安市	887	1330	

第 20 次旅游线路：陕西西安→河南郑州→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	郑州市	320	480	
郑州市	郑州登封嵩山少林景区	0	0	1
郑州登封嵩山少林景区	洛阳龙门石窟景区	75	59.1	0.5
	洛阳嵩县白云山景区	190	163.1	0.5
洛阳嵩县白云山景区	平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区	152	84.1	1
平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区	南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区	130	194.3	1
南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区	洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区	171	138.3	1
洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区	洛阳新安县龙潭大峡谷景区	200	228.8	1
洛阳新安县龙潭大峡谷景区	焦作(云台山—神农山—青天河)风景区	200	220.1	2
焦作(云台山—神农山—青天河)风景区	安阳殷墟景区	164	173.6	0.5
	开封清明上河园景区	163	220.3	0.5
开封清明上河园景区	陕西省西安市	320	480	

第 21 次旅游线路：陕西西安→江苏南京→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	南京市	727	1090	
南京市	南京夫子庙—秦淮河风光带(江南贡院-白鹭洲-中华门-瞻园-王谢故居)	0	0	0.5
	南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)	24	9.1	0.5
南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)	镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）	66	79.8	1
镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）	扬州瘦西湖风景区	74	29.0	0.5
	淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）	131	152.6	0.5
淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）	泰州姜堰区溱湖国家湿地公园	151	187.3	0.5
	南通市濠河风景区	106	112.7	0.5
南通市濠河风景区	常州环球恐龙城景区(中华恐龙园-恐龙谷温泉-恐龙城大剧院)	101	140.0	0.5
	中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区	90	60.9	0.5
中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区	无锡鼋头渚景区	16	6.0	0.5
	无锡灵山大佛景区	53	31.4	0.5
无锡灵山大佛景区	常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)	106	104.1	1
常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)	镇江句容茅山景区	82	77.8	1
镇江句容茅山景区	陕西省西安市	727	1090	

第 22 次旅游线路：陕西西安→四川成都→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	成都市	500	750	
成都市	成都青城山—都江堰旅游景区	90	65	1
成都青城山—都江堰旅游景区	阿坝藏族羌族自治州汶川特别旅游区（震中映秀—水磨古镇—三江生态旅游区）	56	33.0	0.5
	乐山乐山大佛景区	183	225.4	0.5
乐山乐山大佛景区	乐山峨眉山景区	47	42.1	1
乐山峨眉山景区	广安市邓小平故里旅游区	284	436.8	0.5
	南充市阆中古城旅游景区	128	169.4	0.5
南充市阆中古城旅游景区	绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）	164	228.3	1
绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）	广元市剑门蜀道剑门关旅游景区	138	163.6	1
广元市剑门蜀道剑门关旅游景区	阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区	451	328.4	1
阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区	阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区	195	129.6	1
阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区	陕西省西安市	500	750	

第 23 次旅游线路：陕西西安→湖北武汉→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	武汉市	493	740	
武汉市	武汉市黄陂木兰文化生态旅游区	90	70	0.5
	武汉市东湖景区	69.6	104.8	0.5
武汉市东湖景区	武汉黄鹤楼公园	15	22.3	0.5
	宜昌长阳县清江画廊景区	226.2	338.9	0.5
宜昌长阳县清江画廊景区	宜昌三峡人家风景区	68.4	102.6	1
宜昌三峡人家风景区	宜昌三峡大坝旅游区	15	22.4	0.5
	宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	10.8	15.9	0.5
宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	231	346.8	1
恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	190.2	285.4	2
恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	神农架生态旅游区	86.4	129.4	1
神农架生态旅游区	十堰丹江口市武当山风景区	156.6	235.2	1
十堰丹江口市武当山风景区	陕西省西安市	493	740	

第 24 次旅游线路：陕西西安→新疆乌鲁木齐→陕西西安

出发地	到达景点	行车时间（/分）	行车里程（/公里）	最少游玩时间（/天）
陕西省西安市	乌鲁木齐	1693	2540	
乌鲁木齐	昌吉州阜康市天山天池风景名胜區	34	57.2	1
昌吉州阜康市天山天池风景名胜區	乌鲁木齐天山大峡谷	51	85.7	1
乌鲁木齐天山大峡谷	巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区	232	387	1
巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区	吐鲁番葡萄沟风景区	168	280.7	0.5
吐鲁番葡萄沟风景区	阿勒泰地区富蕴县可可托海景区	221	368.8	1
阿勒泰地区富蕴县可可托海景区	阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区	207	345	1
阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区	伊犁地区新源县那拉提旅游风景区	438	729.2	1
伊犁地区新源县那拉提旅游风景区	喀什地区噶尔老城景区	437	727.9	0.5
喀什地区噶尔老城景区	喀什地区泽普县金胡杨景区	100	166.2	1
喀什地区泽普县金胡杨景区	陕西省西安市	1693	2540	

表 5-1 游遍每个省份类里面的 5A 级景区的最少费用

地区	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江	上海&江苏苏州	江苏	浙江	安徽	福建	江西	山东	河南	湖南	湖北	广东	广西	海南	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
总费用（元）	3410	1872	5967	4500	1965	3362	3580	6827	5989	7851	7482	6916	8051	6796	6710	8672	5981	9200	6829	4060	2713	6594	8926	4078	6950	1353	3468	6302	2018	2995	11070

表 5-2 每一次旅游线路中需要的一些数据汇总表（问题二）

第 i 次旅游	自驾费用 $V_{i,1}$ (元)	自驾时间 $T_{i,1}$ (分钟)	高铁费用 $V_{i,2}$ (元)	高铁时间 $T_{i,2}$ (分钟)	飞机费用 $V_{i,3}$ (元)	飞机时间 $T_{i,3}$ (分钟)	总省内行车时间 L_i (分钟)	总观光时间 G_i (分钟)	总观光费用 C_i (元)
第 1 次旅游	1100	733.33			3240	90	1905	5280	8335.00
第 2 次旅游	1750	1166.67			4500	150	1025	4320	6770.46
第 3 次旅游	2040	1360.00			4890	505	1226	3840	6292.04
第 4 次旅游	1070	713.33			3000	100	1366	3360	6094.70
第 5 次旅游	740	493.33			2550	75	3085	3840	9296.19
第 6 次旅游	1640	1093.33			5400	140	760	1920	4059.60
第 7 次旅游	790	526.67	1225.5	271	2250	95	1205	2880	5966.20
第 8 次旅游	2310	1540.00			5520	180	2810	1920	6826.30
第 9 次旅游	990	660.00	1761	315	2940	95	1258	2880	5980.40
第 10 次旅游	1390	926.67	1014	660	4170	130	493	3360	5988.34
第 11 次旅游	1090	726.67	2244	477	3030	95	1363	3360	6795.40
第 12 次旅游	910	606.67			2880	105	1391	3360	6709.26
第 13 次旅游	2840	1893.33			5970	185	17	960	1352.82
第 14 次旅游	700	466.67			3600	95	1727	3360	6593.32
第 15 次旅游	920	613.33			3180	90	1387	3840	6915.12
第 16 次旅游	1650	1100.00			4590	155	1612	3840	8050.68
第 17 次旅游	1590	1060.00			4620	120	2231	2880	6949.04
第 18 次旅游	1650	1100.00	2440.5	537	4620	150	1580	3360	6828.86
第 19 次旅游	1330	886.67			3840	130	1525	4320	7481.74
第 20 次旅游	480	320.00	687	142			1523	4800	8671.64
第 21 次旅游	1090	726.67	835.5	491	3540	110	1086	4320	7850.44
第 22 次旅游	750	500.00			2220	95	2010	4320	8925.96
第 23 次旅游	740	493.33	1363.5	234	3660	55	1441	4800	9199.16
第 24 次旅游	2540	1693.33			6600	195	2503	4320	11069.44

表 5-5 该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程安排表（问题二）

第 1 次旅游线路：陕西西安→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	天津市	飞机	90	1	3840
天津市	天津古文化街旅游区（津门故里）		120	0.5	130
天津古文化街旅游区（津门故里）	天津蓟县盘山风景名胜区		87	1	720
天津蓟县盘山风景名胜区	内蒙古呼和浩特		265	1	1021.2
呼和浩特市	鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区		164	1	786
鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区	鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区		75	0.5	112.5
鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区	太原市		340	1	1066.2
太原市	晋中市乔家大院文化园区		60	0.5	36
	晋中市平遥县平遥古城景区		50	0.5	622.44
晋中市平遥县平遥古城景区	晋中市介休市绵山风景名胜区		78	0.5	42.36
	晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区		228	0.5	1098.7
晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区	忻州五台山风景名胜区		409	0.5	523.2
忻州五台山风景名胜区	大同云冈石窟		236	1	984.4
大同云冈石窟	陕西省西安市	飞机	90		3240
总计			2292	9.5	14223

第 2 次旅游线路：陕西西安→辽宁沈阳→北京→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	沈阳市	飞机	150	1	5100
沈阳市	沈阳植物园		40	0.5	15
	大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆		273	0.5	1161.9
大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆	大连金石滩景区(地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)		72	0.5	56.6
大连金石滩景区(地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)	本溪市本溪水洞景区		293	1	1168.9
本溪市本溪水洞景区	北京市		511	1	600
北京市	故宫博物院		0	0.5	0
	天坛公园		16	0.5	903.36
天坛公园	颐和园		39	0.5	14.52
	八达岭—慕田峪长城旅游区		71	0.5	637.98
八达岭—慕田峪长城旅游区	明十三陵景区(神路-定陵-长陵-昭陵)		53	0.5	22.32
	北京奥林匹克公园(鸟巢-水立方-中国科技馆-国家奥林匹克森林公园)		38	0.5	921.06
北京奥林匹克公园(鸟巢-水立方-中国科技馆-国家奥林匹克森林公园)	恭王府景区		23	0.5	6.18
恭王府景区	陕西省西安市	飞机	150		4500
总计			1729	8	15107.82

第 3 次旅游线路：陕西西安→吉林长春→海南海口→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	长春市	飞机	505	1	5490
长春市	长春伪满皇宫博物馆		0	0.5	0
	长春市长影世纪城景区		34	0.5	914.88
长春市长影世纪城景区	长春净月潭景区		36	0.5	8.4
长春净月潭景区	长白山景区		420	1	1341.9
长白山景区	海口市		1360	1	600
海口市	陵水县分界洲岛旅游区		60	0.5	54
	保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区		69	0.5	649.02
保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区	保亭县呀诺达雨林文化旅游区		22	0.5	5.88
	三亚南山文化旅游区		83	0.5	792.18
三亚南山文化旅游区	三亚南山大小洞天旅游区		22	0.5	4.08
三亚南山大小洞天旅游区	陕西省西安市	飞机	505		4890
总计			3116	7	14750.34

第 4 次旅游线路：陕西西安→贵州贵阳→青海西宁→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	贵阳市	飞机	100	1	3600
贵阳市	毕节市百里杜鹃景区		180	1	890
毕节市百里杜鹃景区	安顺龙宫景区		203	0.5	208.9
	安顺镇宁县黄果树瀑布景区		70	0.5	628.62
安顺镇宁县黄果树瀑布景区	黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区		337	1	1153.9
黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区	西宁市		1200	1	600
西宁市	西宁市湟中县塔尔寺景区		36	0.5	17.28
西宁市湟中县塔尔寺景区	青海湖风景区		171	1	920.3
青海湖风景区	陕西省西安市	飞机	100		3000
总计			2397	6.5	11019

第 5 次旅游线路：陕西西安→宁夏银川→甘肃兰州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	银川市	飞机	75	1	3150
银川市	银川镇北堡西部影视城		60	0.5	18
	银川市灵武水洞沟旅游区		59	0.5	941.94
银川市灵武水洞沟旅游区	石嘴山平罗县沙湖旅游景区		66	1	647.382
石嘴山平罗县沙湖旅游景区	中卫沙坡头旅游景区		190	0.5	263.67
中卫沙坡头旅游景区	兰州市		225	1	600
兰州市	平凉崆峒山风景名胜區		0	1	900
平凉崆峒山风景名胜區	天水麦积山景区		360	0.5	224.6
	嘉峪关文物景区		853	0.5	1718.8
嘉峪关文物景区	酒泉市敦煌沙山月牙泉景区		613	1	1464.4
酒泉市敦煌沙山月牙泉景区	陕西省西安市	飞机	75		2550
总计			2576	7.5	12478.792

第 6 次旅游线路：陕西西安→广西南宁→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	南宁市	飞机	140	1	6000
南宁市	南宁市青秀山旅游区		0	0.5	0
	桂林独秀峰·靖江王城景区		321	0.5	1139.1
桂林独秀峰·靖江王城景区	桂林漓江风景区		48	1	764.28
桂林漓江风景区	桂林兴安县乐满地度假世界		91	1	806.52
桂林兴安县乐满地度假世界	陕西省西安市	飞机	140		5400
总计			740	4	14109.9

第 7 次旅游线路：陕西西安→河北石家庄→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	石家庄	高铁	271	1	1825. 5
石家庄	石家庄平山县西柏坡景区		120	1	654
石家庄平山县西柏坡景区	保定安新白洋淀景区 (文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园)		181	1	864
保定安新白洋淀景区 (文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园)	秦皇岛山海关景区 (老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙)		281	1	1169
秦皇岛山海关景区 (老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙)	承德避暑山庄及周围寺庙景区 (普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺)		173	1	1141
承德避暑山庄及周围寺庙景区 (普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺)	保定涞水县野三坡景区 (百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关)		283	1	980. 1
保定涞水县野三坡景区 (百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关)	陕西省西安市	高铁	95		1225. 5
总计			1404	6	7859. 1

第 8 次旅游线路：陕西西安→黑龙江哈尔滨→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	哈尔滨市	飞机	180	1	6120
哈尔滨市	哈尔滨太阳岛景区		0	0. 5	0
	牡丹江宁安市镜泊湖景区		300	0. 5	1157. 9
牡丹江宁安市镜泊湖景区	伊春市汤旺河林海奇石景区		583	0. 5	753
	黑河五大连池景区		315	0. 5	1152
黑河五大连池景区	大兴安岭地区漠河北极村旅游景区		772	1	1601. 8
大兴安岭地区漠河北极村旅游景区	陕西省西安市	飞机	180		5520
总计			2330	4	16304. 7

第 9 次旅游线路：陕西西安→湖南长沙→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间(/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	长沙市	高铁	315	1	2361
长沙市	长沙岳麓山－橘子洲旅游区		0	0.5	0
	长沙市宁乡县花明楼景区		62	0.5	628.44
长沙市宁乡县花明楼景区	湘潭韶山旅游区		7	0.5	1.26
	衡阳南岳衡山旅游区		134	0.5	883.7
衡阳南岳衡山旅游区	郴州市东江湖旅游区		153	0.5	191.2
	岳阳岳阳楼－君山岛景区		394	0.5	1213.2
岳阳岳阳楼－君山岛景区	张家界武陵源－天门山旅游区		286	2	1827
张家界武陵源－天门山旅游区	陕西省西安市	高铁	315		1761
总计			1666	6	8866.8

第 10 次旅游线路：陕西西安→上海&江苏苏州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间(/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	上海市	高铁	660	1	1614
上海市	上海野生动物园		0	1	900
上海野生动物园	上海科技馆		36	0.5	20.52
	东方明珠广播电视塔		12	0.5	903
东方明珠广播电视塔	苏州昆山周庄古镇景区		107	0.5	50.52
	苏州吴江同里古镇景区		35	0.5	761.1
苏州吴江同里古镇景区	苏州吴中太湖旅游区（旺山－穹窿山－东山）		70	1	777.18
苏州吴中太湖旅游区（旺山－穹窿山－东山）	苏州园林（拙政园－留园－虎丘）		74	0.5	30
	苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区		16	0.5	756.36
苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区	苏州常熟沙家浜－虞山尚湖旅游区		41	1	774.06
苏州常熟沙家浜－虞山尚湖旅游区	陕西省西安市	高铁	660		1014
总计			1711	7	7600.74

第 11 次旅游线路：陕西西安→江西南昌→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	南昌市	飞机	95	1	3630
南昌市	九江庐山风景名胜区		145	1	879
九江庐山风景名胜区	景德镇古窑民俗博览区		157	0.5	172.4
景德镇古窑民俗博览区	上饶婺源县江湾景区		83	1	706.2
上饶婺源县江湾景区	上饶三清山旅游景区		115	1	882.4
上饶三清山旅游景区	鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区		178	1	951.8
鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区	赣州市瑞金市共和国摇篮景区		226	0.5	910.6
赣州市瑞金市共和国摇篮景区	吉安井冈山风景旅游区		243	1	1064.6
吉安井冈山风景旅游区	陕西省西安市	飞机	95		3030
总计			1337	7	12227

第 12 次旅游线路：陕西西安→山东济南→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	济南市	飞机	105	1	3480
济南市	济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）		0	1	900
济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）	泰安泰山景区		166	1	798.06
泰安泰山景区	济宁曲阜明故城三孔旅游区		82	0.5	46.68
	枣庄台儿庄古城景区		126	0.5	764.3
枣庄台儿庄古城景区	山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）		164	1	897.5
山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）	青岛崂山景区		235	0.5	318.9
	威海刘公岛景区		200	0.5	908.4
威海刘公岛景区	烟台蓬莱阁—三仙山—八仙过海旅游区		139	0.5	160.2
	烟台龙口南山景区		54	0.5	629.22
烟台龙口南山景区	陕西省西安市	飞机	105		2880
总计			1376	7	11783.26

第 13 次旅游线路：陕西西安→西藏拉萨→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	拉萨	飞机	185	1	6570
拉萨	拉萨布达拉宫景区		0	0.5	0
	拉萨大昭寺景区		6	0.5	750.9
拉萨大昭寺景区	陕西省西安市	飞机	185		5970
总计			376	2	13290.9

第 14 次旅游线路：陕西西安→重庆→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	重庆市	自驾	467	1	700
重庆市	南川金佛山—神龙峡风景区		120	1	880
南川金佛山—神龙峡风景区	万盛黑山谷—龙鳞石海风景区		73	1	780.42
万盛黑山谷—龙鳞石海风景区	酉阳桃花源旅游景区		282	1	1074.8
酉阳桃花源旅游景区	武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）		196	2	1060
武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）	大足石刻景区		277	0.5	269.7
	巫山小三峡—小小三峡旅游区		431	0.5	1121.8
巫山小三峡—小小三峡旅游区	陕西省西安市	自驾	467		700
总计			2313	7	6586.72

第 15 次旅游线路：陕西西安→安徽合肥→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	合肥市	飞机	90	1	3780
合肥市	阜阳市颍上县八里河风景区		150	0.5	180
阜阳市颍上县八里河风景区	六安市金寨县天堂寨旅游景区		254	1	903
阜阳市颍上县八里河风景区	安庆潜山县天柱山风景区		245	1	818
安庆潜山县天柱山风景区	池州青阳县九华山风景区		178	1	815.6
池州青阳县九华山风景区	黄山市黄山风景区		131	1	888.8
黄山市黄山风景区	黄山市黟县皖南古村落—西递宏村		50	1	620.34
黄山市黟县皖南古村落—西递宏村	黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）		78	1	790.08
黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）	宣城市绩溪县龙川景区		81	1	634.2
宣城市绩溪县龙川景区	陕西省西安市	飞机	90		3180
总计			1347	8.5	12610.02

第 16 次旅游线路：陕西西安→福建福州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	福州市	飞机	155	1	5190
福州市	福州市三坊七巷景区		0	0.5	0
	厦门鼓浪屿风景名胜区		221	0.5	1160.2
厦门鼓浪屿风景名胜区	泉州市清源山风景名胜区		104	1	804.78
泉州市清源山风景名胜区	福建土楼（永定·南靖）旅游景区		207	1	967.1
福建土楼（永定·南靖）旅游景区	三明泰宁风景旅游区		397	1	1064.6
三明泰宁风景旅游区	南平武夷山风景名胜区		141	1	1063.1
南平武夷山风景名胜区	宁德屏南（白水洋·鸳鸯溪）旅游景区		152	1	927.9
宁德屏南（白水洋·鸳鸯溪）旅游景区	宁德市福鼎太姥山旅游区		187	1	959.7
宁德市福鼎太姥山旅游区	陕西省西安市	飞机	155		4590
总计			1719	8	16727.38

第 17 次旅游线路：陕西西安→云南昆明→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	昆明市	飞机	120	1	5220
昆明市	昆明石林风景区		60	0.5	48
昆明石林风景区	中科院西双版纳热带植物园		528	1	1375.3
中科院西双版纳热带植物园	大理崇圣寺三塔文化旅游区		689	1	1612.7
大理崇圣寺三塔文化旅游区	丽江古城景区		171	1	924
丽江古城景区	丽江玉龙雪山景区		56	0.5	619.14
丽江玉龙雪山景区	迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园		299	1	827.9
迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	陕西省西安市	飞机	120		4620
总计			2043	6	15247.04

第 18 次旅游线路：陕西西安→广东广州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	广州市	高铁	537	1	3040.5
广州市	广州白云山景区		0	0.5	0
广州白云山景区	广州长隆旅游度假区		56	1	918.66
广州长隆旅游度假区	惠州市罗浮山景区		88	1	855.8
惠州市罗浮山景区	深圳观澜湖休闲旅游区		110	0.5	47.1
	深圳华侨城旅游度假区		65	0.5	768.3
深圳华侨城旅游度假区	佛山市德顺区长鹿旅游休博园		99	0.5	111.4
	佛山西樵山景区		47	0.5	773.4
佛山西樵山景区	清远连州地下河旅游景区		214	0.5	307.5
	韶关仁化丹霞山景区		202	0.5	853.7
韶关仁化丹霞山景区	梅州市梅县区雁南飞茶田景区		423	0.5	874
梅州市梅县区雁南飞茶田景区	陕西省西安市	高铁	537		2440.5
总计			2378	7	10990.86

第 19 次旅游线路：陕西西安→浙江杭州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	杭州市	飞机	130	1	4440
杭州市	杭州西湖风景区		0	0.5	0
	杭州西溪湿地旅游区		31	0.5	907.44
杭州西溪湿地旅游区	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区		71	0.5	53.22
	湖州市南浔区南浔古镇景区		33	0.5	762.84
湖州市南浔区南浔古镇景区	嘉兴南湖旅游区		59	0.5	29.94
	绍兴市鲁迅故里—沈园景区		91	0.5	704.8
绍兴市鲁迅故里—沈园景区	宁波奉化溪口—滕头旅游景区		111	0.5	126.9
宁波奉化溪口—滕头旅游景区	舟山普陀山风景区		143	1	753.7
舟山普陀山风景区	温州乐清市雁荡山风景区		270	1	1074.9
温州乐清市雁荡山风景区	金华东阳横店影视城景区		180	0.5	198.6
	衢州市开化根宫佛国文化旅游区		203	0.5	853.5
衢州市开化根宫佛国文化旅游区	杭州淳安千岛湖风景区		186	1	944.7
杭州淳安千岛湖风景区	陕西省西安市	飞机	130		3840
总计			1638	8.5	14690.54

第 20 次旅游线路：陕西西安→河南郑州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	郑州市	高铁	142	1	1287
郑州市	郑州登封嵩山少林景区		0	1	900
郑州登封嵩山少林景区	洛阳龙门石窟景区		75	0.5	35.46
	洛阳嵩县白云山景区		190	0.5	763.1
洛阳嵩县白云山景区	平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区		152	1	650.46
平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区	南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区		130	1	944.3
南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区	洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区		171	1	738.3
洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区	洛阳新安县龙潭大峡谷景区		200	1	828.8
洛阳新安县龙潭大峡谷景区	焦作(云台山—神农山—青天河)风景区		200	2	1720.1
焦作(云台山—神农山—青天河)风景区	安阳殷墟景区		164	0.5	173.6
	开封清明上河园景区		163	0.5	970.3
开封清明上河园景区	陕西省西安市	高铁	142		687
总计			1729	10	9698.42

第 21 次旅游线路：陕西西安→江苏南京→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	南京市	高铁	491	1	1435. 5
南京市	南京夫子庙—秦淮河风光带(江南贡院-白鹭洲-中华门-瞻园-王谢故居)		0	0. 5	0
	南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)		24	0. 5	905. 46
南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)	镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）		66	1	797. 88
镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）	扬州瘦西湖风景区		74	0. 5	47. 4
	淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）		131	0. 5	902. 6
淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）	泰州姜堰区溱湖国家湿地公园		151	0. 5	187. 3
	南通市濠河风景区		106	0. 5	862. 7
南通市濠河风景区	常州环球恐龙城景区(中华恐龙园-恐龙谷温泉-恐龙城大剧院)		101	0. 5	140
	中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区		90	0. 5	786. 54
中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区	无锡鼋头渚景区		16	0. 5	3. 6
	无锡灵山大佛景区		53	0. 5	768. 84
无锡灵山大佛景区	常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)		106	1	854. 1
常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)	镇江句容茅山景区		82	1	646. 68
镇江句容茅山景区	陕西省西安市	高铁	491		835. 5
总计			1982	9	9174. 1

第 22 次旅游线路：陕西西安→四川成都→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
陕西省西安市	成都市	飞机	95	1	2820
成都市	成都青城山—都江堰旅游景区		90	1	789
成都青城山—都江堰旅游景区	阿坝藏族羌族自治州汶川特别旅游区（震中映秀—水磨古镇—三江生态旅游区）		56	0.5	19.8
	乐山乐山大佛景区		183	0.5	975.4
乐山乐山大佛景区	乐山峨眉山景区		47	1	775.26
乐山峨眉山景区	广安市邓小平故里旅游区		284	0.5	436.8
	南充市阆中古城旅游景区		128	0.5	919.4
南充市阆中古城旅游景区	绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）		164	1	828.3
绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）	广元市剑门蜀道剑门关旅游景区		138	1	913.6
广元市剑门蜀道剑门关旅游景区	阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区		451	1	1078.4
阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区	阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区		195	1	879.6
阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区	陕西省西安市	飞机	95		2220
总计			1926	9	12655.56

第 23 次旅游线路：陕西西安→湖北武汉→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	武汉市	高铁	234	1	1963.5
武汉市	武汉市黄陂木兰文化生态旅游区		90	0.5	42
	武汉市东湖景区		69.6	0.5	1004.8
武汉市东湖景区	武汉黄鹤楼公园		15	0.5	13.38
	宜昌长阳县清江画廊景区		226.2	0.5	938.9
宜昌长阳县清江画廊景区	宜昌三峡人家风景区		68.4	1	702.6
宜昌三峡人家风景区	宜昌三峡大坝旅游区		15	0.5	13.44
	宜昌秭归县屈原故里文化旅游区		10.8	0.5	609.54
宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区		231	1	1096.8
恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区		190.2	2	1585.4
恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	神农架生态旅游区		86.4	1	879.4
神农架生态旅游区	十堰丹江口市武当山风景区		156.6	1	985.2
十堰丹江口市武当山风景区	陕西省西安市	高铁	234		1363.5
总计			1627.2	10	11198.46

第 24 次旅游线路：陕西西安→新疆乌鲁木齐→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
陕西省西安市	乌鲁木齐	飞机	195	1	7200
乌鲁木齐	昌吉州阜康市天山天池风景名胜区		34	1	784. 32
昌吉州阜康市天山天池风景名胜区	乌鲁木齐天山大峡谷		51	1	801. 42
乌鲁木齐天山大峡谷	巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区		232	1	987
巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区	吐鲁番葡萄沟风景区		168	0. 5	730. 7
吐鲁番葡萄沟风景区	阿勒泰地区富蕴县可可托海景区		221	1	1118. 8
阿勒泰地区富蕴县可可托海景区	阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区		207	1	945
阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区	伊犁地区新源县那拉提旅游风景区		438	1	1329. 2
伊犁地区新源县那拉提旅游风景区	喀什地区噶尔老城景区		437	0. 5	1477. 9
喀什地区噶尔老城景区	喀什地区泽普县金胡杨景区		100	1	766. 2
喀什地区泽普县金胡杨景区	陕西省西安市	飞机	195		6600
总计			2278	9	22740. 54

表 6-3 每一次旅游线路中需要的一些数据汇总表（问题三）

第 i 次旅游	自驾费用 $V_{i,1}$ (元)	自驾时间 $T_{i,1}$ (分钟)	高铁费用 $V_{i,2}$ (元)	高铁时间 $T_{i,2}$ (分钟)	飞机费用 $V_{i,3}$ (元)	飞机时间 $T_{i,3}$ (分钟)	总省内行车时间 L_i (分钟)	总观光时间 G_i (分钟)	总观光费用 C_i (元)
第 1 次旅游	140	93.33	163.5	40			1905	5280	8335.00
第 2 次旅游	700	466.67	618	300	4410	90	3573	3840	10187.50
第 3 次旅游	1700	1133.33			5220	160	1120	3360	5596.96
第 3 次旅游	300	200.00	385.5	90			1665	4800	8678.66
第 4 次旅游	2130	1420.00	2890.5	619	5940	190	1772	3840	8136.92
第 5 次旅游	1500	1000.00			4170	140	3085	3840	9296.19
第 6 次旅游	1080	720.00	1546.5	337	5550	115	634	2400	3467.36
第 7 次旅游	440	293.33	553.5	100	1890	70	1391	3360	6709.26
第 8 次旅游	3650	2433.33			8790	225	17	960	1352.82
第 9 次旅游	1210	806.67	1659	309	3720	120	493	3360	5988.34
第 10 次旅游	1430	953.33	2418	480	4290	150	1363	3360	6795.40
第 11 次旅游	1040	693.33	1282.5	264	5130	110	1387	3840	6915.12
第 12 次旅游	2120	1413.33	2586	570	5730	185	1580	3360	6828.86
第 13 次旅游	2670	1780.00			6540	300	2230	2880	6949.04
第 14 次旅游	1470	980.00	1947	341	4350	140	1258	2880	5980.40
第 15 次旅游	1300	866.67	1878	390	5580	130	1525	4320	7481.74
第 16 次旅游	1750	1166.67	2302.5	720	4920	180	1727	3360	6593.32
第 17 次旅游	700	466.67	945	240	3480	95	1523	4800	8671.64
第 18 次旅游	1060	706.67	1330.5	234	5340	120	1086	4320	7850.44
第 19 次旅游	1900	1266.67	2295	650	5040	124	1612	3840	8050.68
第 20 次旅游	1200	800.00	1561.5	310	5550	140	1441	4800	9199.16
第 21 次旅游	1800	1200.00	2592	870	5070	180	2010	4320	8925.96
第 22 次旅游	3170	2113.33			7890	240	2503	4320	11069.44
第 23 次旅游	140	93.33	163.5	40			1905	5280	8335.00

表 6-4 该旅游爱好者的每一次旅游的具体行程安排表（问题三）

第 1 次旅游线路：北京市→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	天津市	高铁	40	1	765
天津市	天津古文化街旅游区（津门故里）		120	0.5	130
天津古文化街旅游区（津门故里）	天津蓟县盘山风景名胜区		87	1	720
天津蓟县盘山风景名胜区	内蒙古呼和浩特			1	
呼和浩特市	鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区		164	1	786
鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区	鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区		75	0.5	112.5
鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区	太原市			1	
太原市	晋中市乔家大院文化园区		60	0.5	36
	晋中市平遥县平遥古城景区		50	0.5	622.44
晋中市平遥县平遥古城景区	晋中市介休市绵山风景名胜区		78	0.5	42.36
	晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区		228	0.5	1098.7
晋城阳城县皇城相府生态文化旅游区	忻州五台山风景名胜区		409	0.5	523.2
忻州五台山风景名胜区	大同云冈石窟		236	1	984.4
大同云冈石窟	北京市	高铁	40		165
总计			1587	9.5	5985.6

第 2 次旅游线路：北京市→辽宁沈阳→黑龙江→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	沈阳市	高铁	300	1	1218
沈阳市	沈阳植物园		40	0.5	15
	大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆		273	0.5	1161.9
大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆	大连金石滩景区 (地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)		72	0.5	56.6
大连金石滩景区 (地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)	本溪市本溪水洞景区		293	1	1168.9
本溪市本溪水洞景区	哈尔滨市			1	
哈尔滨市	哈尔滨太阳岛景区		0	0.5	0
	牡丹江宁安市镜泊湖景区		300	0.5	1157.9
牡丹江宁安市镜泊湖景区	伊春市汤旺河林海奇石景区		583	0.5	753
	黑河五大连池景区		315	0.5	1152
黑河五大连池景区	大兴安岭地区漠河北极村旅游景区		772	1	1601.8
大兴安岭地区漠河北极村旅游景区	北京市	高铁	300		618
总计			3248	7.5	8903.1

第 3 次旅游线路：北京市→青海西宁→吉林长春→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	西宁市	飞机	160	1	5820
西宁市	西宁市湟中县塔尔寺景区		36	0.5	17.28
西宁市湟中县塔尔寺景区	青海湖风景区		171	1	920.3
青海湖风景区	长春市			1	
长春市	长春伪满皇宫博物馆		0	0.5	0
	长春市长影世纪城景区		34	0.5	914.88
长春市长影世纪城景区	长春净月潭景区		36	0.5	8.4
长春净月潭景区	长白山景区		420	1	1341.9
长白山景区	北京市	飞机	160		5220
总计			1017	6	14242.76

第 4 次旅游线路：北京市→河北石家庄→海南海口→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	石家庄	高铁	90	1	987
石家庄	石家庄平山县西柏坡景区		120	1	654
石家庄平山县西柏坡景区	保定安新白洋淀景区 (文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园)		181	1	864
保定安新白洋淀景区 (文化苑-大观园-鸳鸯岛-元妃荷园-嘎子印象-渔人乐园)	秦皇岛山海关景区 (老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙)		281	1	1169
秦皇岛山海关景区 (老龙头-山海关古城-天下第一关-孟姜女庙)	承德避暑山庄及周围寺庙景区 (普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺)		173	1	1141
承德避暑山庄及周围寺庙景区 (普陀宗乘-须弥福寺-普宁寺-普佑寺)	保定涞水县野三坡景区 (百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关)		283	1	980. 1
保定涞水县野三坡景区 (百里峡-白草畔-鱼谷洞-龙门天关)	海口市			1	
海口市	陵水县分界洲岛旅游区		60	0. 5	54
	保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区		69	0. 5	649. 02
保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区	保亭县呀诺达雨林文化旅游区		22	0. 5	5. 88
	三亚南山文化旅游区		83	0. 5	792. 18
三亚南山文化旅游区	三亚南山大小洞天旅游区		22	0. 5	4. 08
三亚南山大小洞天旅游区	北京市	高铁	90		387
总计			1474	9. 5	7687. 26

第 5 次旅游线路：北京市→贵州贵阳→广西南宁→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	贵阳市	高铁	619	1	3492
贵阳市	毕节市百里杜鹃景区		180	1	890
毕节市百里杜鹃景区	安顺龙宫景区		203	0.5	208.9
	安顺镇宁县黄果树瀑布景区		70	0.5	628.62
安顺镇宁县黄果树瀑布景区	黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区		337	1	1153.9
黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区	南宁市			1	
南宁市	南宁市青秀山旅游区		0	0.5	0
	桂林独秀峰·靖江王城景区		321	0.5	1139.1
桂林独秀峰·靖江王城景区	桂林漓江风景区		48	1	764.28
桂林漓江风景区	桂林兴安县乐满地度假世界		91	1	806.52
桂林兴安县乐满地度假世界	北京市	高铁	619		2892
总计			2488	8	11975.32

第 6 次旅游线路：北京市→甘肃兰州→宁夏银川→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	兰州市	飞机	140	1	4770
兰州市	平凉崆峒山风景名胜区		0	1	900
平凉崆峒山风景名胜区	天水麦积山景区		360	0.5	224.6
	嘉峪关文物景区		853	0.5	1718.8
嘉峪关文物景区	酒泉市敦煌沙山月牙泉景区		613	1	1464.4
酒泉市敦煌沙山月牙泉景区	银川市				
银川市	银川镇北堡西部影视城		60	0.5	18
	银川市灵武水洞沟旅游区		59	0.5	941.94
银川市灵武水洞沟旅游区	石嘴山平罗县沙湖旅游景区		66	1	647.382
石嘴山平罗县沙湖旅游景区	中卫沙坡头旅游景区		190	0.5	263.67
中卫沙坡头旅游景区	北京市	飞机	140	1	4170
总计			2481	7.5	15118.792

第 7 次旅游线路：北京市→陕西西安→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	西安市	高铁	337	1	2148
西安市	西安大雁塔—大唐芙蓉园景区		0	0.5	0
	西安华清池景区		55	0.5	922.02
西安华清池景区	西安秦始皇兵马俑博物馆		14	0.5	5.16
西安秦始皇兵马俑博物馆	渭南华阴市华山风景区		67	1	658.08
渭南华阴市华山风景区	延安黄陵县黄帝陵景区		195	0.5	280.9
	宝鸡扶风县法门寺佛文化景区		209	0.5	881.9
宝鸡扶风县法门寺佛文化景区	西安市	高铁	337		1548
总计			1214	4.5	6444.06

第 8 次旅游线路：北京市→山东济南→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	济南市	高铁	100	1	1154
济南市	济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）		0	1	900
济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园-黑虎泉）	泰安泰山景区		166	1	798.06
泰安泰山景区	济宁曲阜明故城三孔旅游区		82	0.5	46.68
	枣庄台儿庄古城景区		126	0.5	764.3
枣庄台儿庄古城景区	山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）		164	1	897.5
山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）	青岛崂山景区		235	0.5	318.9
	威海刘公岛景区		200	0.5	908.4
威海刘公岛景区	烟台蓬莱阁—三仙山—八仙过海旅游区		139	0.5	160.2
	烟台龙口南山景区		54	0.5	629.22
烟台龙口南山景区	北京市	高铁	100		554
总计			1366	7	7131.26

第 9 次旅游线路：北京市→西藏拉萨→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	拉萨	飞机	225	1	9390
拉萨	拉萨布达拉宫景区		0	0.5	0
	拉萨大昭寺景区		6	0.5	750.9
拉萨大昭寺景区	北京市	飞机	225		8790
总计			456	2	18930.9

第 10 次旅游线路：北京市→上海&江苏苏州→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	上海市	高铁	927	1	2259
上海市	上海野生动物园		0	1	900
上海野生动物园	上海科技馆		36	0.5	20.52
	东方明珠广播电视塔		12	0.5	903
东方明珠广播电视塔	苏州昆山周庄古镇景区		107	0.5	50.52
	苏州吴江同里古镇景区		35	0.5	761.1
苏州吴江同里古镇景区	苏州吴中太湖旅游区（旺山—穹窿山—东山）		70	1	777.18
苏州吴中太湖旅游区（旺山—穹窿山—东山）	苏州园林（拙政园—留园—虎丘）		74	0.5	30
	苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区		16	0.5	756.36
苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区	苏州常熟沙家浜—虞山尚湖旅游区		41	1	774.06
苏州常熟沙家浜—虞山尚湖旅游区	北京市	高铁	309		1659
总计			1627	7	8890.74

第 11 次旅游线路：北京市→江西南昌→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	南昌市	高铁	480	1	3018
南昌市	九江庐山风景名胜区		145	1	879
九江庐山风景名胜区	景德镇古窑民俗博览区		157	0.5	172.4
景德镇古窑民俗博览区	上饶婺源县江湾景区		83	1	706.2
上饶婺源县江湾景区	上饶三清山旅游景区		115	1	882.4
上饶三清山旅游景区	鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区		178	1	951.8
鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区	赣州市瑞金市共和国摇篮景区		226	0.5	910.6
赣州市瑞金市共和国摇篮景区	吉安井冈山风景旅游区		243	1	1064.6
吉安井冈山风景旅游区	北京市	高铁	480		2418
总计			2107	7	11003

第 12 次旅游线路：北京市→安徽合肥→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	合肥市	高铁	264	1	1883
合肥市	阜阳市颍上县八里河风景区		150	0.5	180
阜阳市颍上县八里河风景区	六安市金寨县天堂寨旅游景区		254	1	903
阜阳市颍上县八里河风景区	安庆潜山县天柱山风景区		245	1	818
安庆潜山县天柱山风景区	池州青阳县九华山风景区		178	1	815.6
池州青阳县九华山风景区	黄山市黄山风景区		131	1	888.8
黄山市黄山风景区	黄山市黟县皖南古村落—西递宏村		50	1	620.34
黄山市黟县皖南古村落—西递宏村	黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）		78	1	790.08
黄山市古徽州文化旅游区（徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎）	宣城市绩溪县龙川景区		81	1	634.2
宣城市绩溪县龙川景区	北京市	高铁	264		1283
总计			1695	8.5	8816.02

第 13 次旅游线路：北京市→广东广州→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	广州市	高铁	570	1	3186
广州市	广州白云山景区		0	0.5	0
广州白云山景区	广州长隆旅游度假区		56	1	918.66
广州长隆旅游度假区	惠州市罗浮山景区		88	1	855.8
惠州市罗浮山景区	深圳观澜湖休闲旅游区		110	0.5	47.1
	深圳华侨城旅游度假区		65	0.5	768.3
深圳华侨城旅游度假区	佛山市德顺区长鹿旅游休博园		99	0.5	111.4
	佛山西樵山景区		47	0.5	773.4
佛山西樵山景区	清远连州地下河旅游景区		214	0.5	307.5
	韶关仁化丹霞山景区		202	0.5	853.7
韶关仁化丹霞山景区	梅州市梅县区雁南飞茶田景区		423	0.5	874
梅州市梅县区雁南飞茶田景区	北京市	高铁	570		2586
总计			2444	7	11281.86

第 14 次旅游线路：北京市→云南昆明→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	昆明市	飞机	300	1	7140
昆明市	昆明石林风景区		60	0.5	48
昆明石林风景区	中科院西双版纳热带植物园		528	1	1375.3
中科院西双版纳热带植物园	大理崇圣寺三塔文化旅游区		689	1	1612.7
大理崇圣寺三塔文化旅游区	丽江古城景区		171	1	924
丽江古城景区	丽江玉龙雪山景区		56	0.5	619.14
丽江玉龙雪山景区	迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园		299	1	827.9
迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	北京市	飞机	300		6540
总计			2403	6	19087.04

第 15 次旅游线路：北京市→湖南长沙→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	长沙市	高铁	341	1	2547
长沙市	长沙岳麓山—橘子洲旅游区		0	0.5	0
	长沙市宁乡县花明楼景区		62	0.5	628.44
长沙市宁乡县花明楼景区	湘潭韶山旅游区		7	0.5	1.26
	衡阳南岳衡山旅游区		134	0.5	883.7
衡阳南岳衡山旅游区	郴州市东江湖旅游区		153	0.5	191.2
	岳阳岳阳楼—君山岛景区		394	0.5	1213.2
岳阳岳阳楼—君山岛景区	张家界武陵源—天门山旅游区		286	2	1827
张家界武陵源—天门山旅游区	北京市	高铁	341		1947
总计			1718	6	9238.8

第 16 次旅游线路：北京市→浙江杭州→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	杭州市	高铁	390	1	2478
杭州市	杭州西湖风景区		0	0.5	0
	杭州西溪湿地旅游区		31	0.5	907.44
杭州西溪湿地旅游区	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区		71	0.5	53.22
	湖州市南浔区南浔古镇景区		33	0.5	762.84
湖州市南浔区南浔古镇景区	嘉兴南湖旅游区		59	0.5	29.94
	绍兴市鲁迅故里—沈园景区		91	0.5	704.8
绍兴市鲁迅故里—沈园景区	宁波奉化溪口—滕头旅游景区		111	0.5	126.9
宁波奉化溪口—滕头旅游景区	舟山普陀山风景区		143	1	753.7
舟山普陀山风景区	温州乐清市雁荡山风景区		270	1	1074.9
温州乐清市雁荡山风景区	金华东阳横店影视城景区		180	0.5	198.6
	衢州市开化根宫佛国文化旅游区		203	0.5	853.5
衢州市开化根宫佛国文化旅游区	杭州淳安千岛湖风景区		186	1	944.7
杭州淳安千岛湖风景区	北京市	高铁	390		1878
总计			2158	8.5	10766.54

第 17 次旅游线路：北京市→重庆→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	重庆市	高铁	720	1	2903
重庆市	南川金佛山—神龙峡风景区		120	1	880
南川金佛山—神龙峡风景区	万盛黑山谷—龙鳞石海风景区		73	1	780. 42
万盛黑山谷—龙鳞石海风景区	酉阳桃花源旅游景区		282	1	1074. 8
酉阳桃花源旅游景区	武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）		196	2	1060
武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）	大足石刻景区		277	0. 5	269. 7
	巫山小三峡—小小三峡旅游区		431	0. 5	1121. 8
巫山小三峡—小小三峡旅游区	北京市	高铁	720		2303
总计			2819	7	10392. 72

第 18 次旅游线路：北京市→河南郑州→陕西西安

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	郑州市	高铁	240	1	1545
郑州市	郑州登封嵩山少林景区		0	1	900
郑州登封嵩山少林景区	洛阳龙门石窟景区		75	0. 5	35. 46
	洛阳嵩县白云山景区		190	0. 5	763. 1
洛阳嵩县白云山景区	平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区		152	1	650. 46
平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区	南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区		130	1	944. 3
南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区	洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区		171	1	738. 3
洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区	洛阳新安县龙潭大峡谷景区		200	1	828. 8
洛阳新安县龙潭大峡谷景区	焦作(云台山—神农山—青天河)风景区		200	2	1720. 1
焦作(云台山—神农山—青天河)风景区	安阳殷墟景区		164	0. 5	173. 6
	开封清明上河园景区		163	0. 5	970. 3
开封清明上河园景区	北京市	高铁	240		945
总计			1925	10	10214. 42

第 19 次旅游线路：北京市→江苏南京→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	南京市	高铁	234	1	1931
南京市	南京夫子庙—秦淮河风光带(江南贡院-白鹭洲-中华门-瞻园-王谢故居)		0	0.5	0
	南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)		24	0.5	905.46
南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵-音乐台-灵谷寺-梅花山-紫金山天文台)	镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）		66	1	797.88
镇江三山风景名胜区（金山—北固山—焦山）	扬州瘦西湖风景区		74	0.5	47.4
	淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）		131	0.5	902.6
淮安市周恩来故里景区（周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇）	泰州姜堰区溱湖国家湿地公园		151	0.5	187.3
	南通市濠河风景区		106	0.5	862.7
南通市濠河风景区	常州环球恐龙城景区(中华恐龙园-恐龙谷温泉-恐龙城大剧院)		101	0.5	140
	中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区		90	0.5	786.54
中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区	无锡鼋头渚景区		16	0.5	3.6
	无锡灵山大佛景区		53	0.5	768.84
无锡灵山大佛景区	常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)		106	1	854.1
常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)	镇江句容茅山景区		82	1	646.68
镇江句容茅山景区	北京市	高铁	234		1331
总计			1468	9	10165.1

第 20 次旅游线路：北京市→福建福州→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	福州市	高铁	650	1	2895
福州市	福州市三坊七巷景区		0	0.5	0
	厦门鼓浪屿风景名胜区		221	0.5	1160.2
厦门鼓浪屿风景名胜区	泉州市清源山风景名胜区		104	1	804.78
泉州市清源山风景名胜区	福建土楼（永定·南靖）旅游景区		207	1	967.1
福建土楼（永定·南靖）旅游景区	三明泰宁风景旅游区		397	1	1064.6
三明泰宁风景旅游区	南平武夷山风景名胜区		141	1	1063.1
南平武夷山风景名胜区	宁德屏南（白水洋·鸳鸯溪）旅游景区		152	1	927.9
宁德屏南（白水洋·鸳鸯溪）旅游景区	宁德市福鼎太姥山旅游区		187	1	959.7
宁德市福鼎太姥山旅游区	北京市	高铁	650		2295
总计			2709	8	12137.38

第 21 次旅游线路：北京市→湖北武汉→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间（/分钟）	最少游玩时间（/天）	总费用（/元）
北京市	武汉市	高铁	310	1	2162
武汉市	武汉市黄陂木兰文化生态旅游区		90	0.5	42
	武汉市东湖景区		69.6	0.5	1004.8
武汉市东湖景区	武汉黄鹤楼公园		15	0.5	13.38
	宜昌长阳县清江画廊景区		226.2	0.5	938.9
宜昌长阳县清江画廊景区	宜昌三峡人家风景区		68.4	1	702.6
宜昌三峡人家风景区	宜昌三峡大坝旅游区		15	0.5	13.44
	宜昌秭归县屈原故里文化旅游区		10.8	0.5	609.54
宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区		231	1	1096.8
恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区		190.2	2	1585.4
恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	神农架生态旅游区		86.4	1	879.4
神农架生态旅游区	十堰丹江口市武当山风景区		156.6	1	985.2
十堰丹江口市武当山风景区	北京市	高铁	310		1562
总计			1779.2	10	11595.46

第 22 次旅游线路：北京市→四川成都→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	成都市	飞机	180	1	5670
成都市	成都青城山—都江堰旅游景区		90	1	789
成都青城山—都江堰旅游景区	阿坝藏族羌族自治州汶川特别旅游区（震中映秀—水磨古镇—三江生态旅游区）		56	0.5	19.8
	乐山乐山大佛景区		183	0.5	975.4
乐山乐山大佛景区	乐山峨眉山景区		47	1	775.26
乐山峨眉山景区	广安市邓小平故里旅游区		284	0.5	436.8
	南充市阆中古城旅游景区		128	0.5	919.4
南充市阆中古城旅游景区	绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）		164	1	828.3
绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—老县城地震遗址—“5•12”特大地震纪念馆—北川羌族民俗博物馆—北川新县城—吉娜羌寨）	广元市剑门蜀道剑门关旅游景区		138	1	913.6
广元市剑门蜀道剑门关旅游景区	阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区		451	1	1078.4
阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区	阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区		195	1	879.6
阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区	北京市	飞机	180		5070
总计			2096	9	18355.56

第 23 次旅游线路：北京市→新疆乌鲁木齐→北京市

出发地	到达景点	出行方式	路途时间 (/分钟)	最少游玩时间 (/天)	总费用 (/元)
北京市	乌鲁木齐	飞机	240	1	8490
乌鲁木齐	昌吉州阜康市天山天池风景名胜區		34	1	784. 32
昌吉州阜康市天山天池风景名胜區	乌鲁木齐天山大峡谷		51	1	801. 42
乌鲁木齐天山大峡谷	巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区		232	1	987
巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区	吐鲁番葡萄沟风景区		168	0. 5	730. 7
吐鲁番葡萄沟风景区	阿勒泰地区富蕴县可可托海景区		221	1	1118. 8
阿勒泰地区富蕴县可可托海景区	阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区		207	1	945
阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区	伊犁地区新源县那拉提旅游风景区		438	1	1329. 2
伊犁地区新源县那拉提旅游风景区	喀什地区噶尔老城景区		437	0. 5	1477. 9
喀什地区噶尔老城景区	喀什地区泽普县金胡杨景区		100	1	766. 2
喀什地区泽普县金胡杨景区	北京市	飞机	240		7890
总计			2368	9	25320. 54

表 7-1 单次旅游剩余时间和年剩余时间情况表

年份	旅游路径	总耗时/天	单次旅游剩余时间/天	年剩余时间/天
第 1 年	北京→天津→内蒙古呼和浩特→山西太原→北京	15	0	1
	北京→辽宁沈阳→黑龙江哈尔滨→北京	14	1	
第 2 年	北京→青海西宁→吉林长春→北京	10	5	6
	北京→河北石家庄→海南海口→北京	14	1	
第 3 年	北京→贵州贵阳→广西南宁→北京	12	3	1
	北京→甘肃兰州→宁夏银川→北京	10	5	
	北京→陕西西安→北京	7	8	
第 4 年	北京→山东济南→北京	10	5	5
	北京→西藏拉萨→北京	4	11	
	北京→上海→北京	11	4	
第 5 年	北京→江西南昌→北京	10	5	2
	北京→安徽合肥→北京	9	6	
	北京→广东广州→北京	9	6	
第 6 年	北京→云南昆明→北京	9	6	1
	北京→湖南长沙→北京	8	7	
	北京→浙江杭州→北京	12	3	
第 7 年	北京→重庆→北京	13	2	2
	北京→河南郑州→北京	15	0	
第 8 年	北京→江苏南京→北京	12	3	4
	北京→福建福州→北京	14	1	
第 9 年	北京→湖北武汉→北京	15	0	1
	北京→四川成都→北京	14	1	
第 10 年	北京→新疆乌鲁木齐→北京	15	0	9
	北京→北京	6	9	

表 8-1 国家 5A 级旅游景区的地理经纬度信息表

	省份	序号	名 称	经度	纬度	X	Y
第 1 类	北京	1	故宫博物院	39.92	116.40	11532.87	13001.67
		2	天坛公园	39.88	116.41	11525.00	13003.43
		3	颐和园	40.00	116.28	11544.96	12988.08
		4	八达岭—慕田峪长城旅游区	40.36	116.02	11623.20	12959.55
		5	明十三陵景区(神路—定陵—长陵—昭陵)	40.26	116.22	11613.42	12982.28
		6	恭王府景区	39.94	116.39	11537.44	13000.48
		7	北京奥林匹克公园(鸟巢—水立方—中国科技馆—国家奥林匹克森林公园)	39.99	116.39	11555.04	13001.28
	天津	8	天津古文化街旅游区(津门故里)	39.14	117.19	11386.35	13090.56
		9	天津蓟县盘山风景名胜區	40.08	117.27	11667.46	13098.97
	河北	10	承德避暑山庄及周围寺庙景区(普陀宗乘—须弥福寺—普宁寺—普佑寺)	40.99	117.94	12000.17	13174.48
		11	秦皇岛山海关景区(老龙头—山海关古城—天下第一关—孟姜女庙)	40.04	119.66	11893.13	13366.53
		12	保定安新白洋淀景区(文化苑—大观园—鸳鸯岛—元妃荷园—嘎子印象—渔人乐园)	38.87	116.05	11196.20	12962.49
		13	保定涞水县野三坡景区(百里峡—白草畔—鱼谷洞—龙门天关)	39.67	115.43	11366.80	12894.09
		14	石家庄平山县西柏坡景区	38.35	113.94	10846.80	12727.25
	内蒙古	21	鄂尔多斯达拉特旗响沙湾旅游景区	40.24	109.95	10983.61	12281.72
		22	鄂尔多斯伊金霍洛旗成吉思汗陵旅游区	39.36	109.83	10731.03	12267.67
	山东	93	泰安泰山景区	36.21	117.12	10527.60	13082.43
		94	烟台蓬莱阁—三仙山—八仙过海旅游区	37.82	120.78	11339.84	13491.44
		95	济宁曲阜明故城三孔旅游区	35.59	116.99	10336.03	13067.89
		96	青岛崂山景区	36.14	120.60	10819.59	13471.40
		97	威海刘公岛景区	37.51	122.12	11369.06	13641.06

		98	烟台龙口南山景区	37.57	120.47	11236.37	13456.97
		99	枣庄台儿庄古城景区	34.56	117.73	10098.30	13150.32
		100	济南天下第一泉景区（趵突泉—大明湖—五龙潭—环城公园—黑虎泉）	36.66	117.02	10648.70	13070.77
		101	山东沂蒙山旅游区（沂山景区—龟蒙景区—云蒙景区）	35.47	118.08	10398.01	13190.14
第2类	河南	102	郑州登封嵩山少林景区	34.51	112.94	9673.98	12615.74
		103	洛阳龙门石窟景区	34.56	112.47	9648.14	12562.78
		104	焦作（云台山—神农山—青天河）风景区	35.32	112.99	9904.77	12620.95
		105	安阳殷墟景区	36.12	114.32	10251.00	12770.21
		106	洛阳嵩县白云山景区	33.67	111.86	9347.78	12494.94
		107	开封清明上河园景区	34.81	114.34	9879.53	12772.24
		108	平顶山鲁山县尧山—中原大佛景区	33.75	112.39	9416.13	12554.31
		109	洛阳栾川县老君山—鸡冠洞旅游区	33.78	111.57	9355.80	12462.78
		110	洛阳新安县龙潭大峡谷景区	34.97	112.01	9722.20	12511.45
		111	南阳西峡伏牛山老界岭·恐龙遗址园旅游区	33.26	111.68	9219.61	12474.52
	陕西	177	西安秦始皇兵马俑博物馆	34.38	109.28	9326.97	12206.51
		178	西安华清池景区	34.36	109.21	9315.30	12199.21
		179	延安黄陵县黄帝陵景区	35.59	109.27	9652.45	12205.77
		180	西安大雁塔—大唐芙蓉园景区	34.22	108.96	9254.79	12171.43
		181	渭南华阴市华山风景区	34.53	110.08	9435.63	12296.18
		182	宝鸡扶风县法门寺佛文化景区	34.44	107.90	9224.63	12053.04
第3类	江西	86	九江庐山风景名胜区分区	29.44	115.99	8475.46	12956.03
		87	吉安井冈山风景旅游区	26.58	114.16	7533.14	12752.05

		88	上饶三清山旅游景区	28.93	118.10	8479.36	13191.74
		89	鹰潭市贵溪龙虎山风景名胜区	28.12	116.98	8164.90	13067.21
		90	上饶婺源县江湾景区	29.36	118.05	8602.80	13186.78
		91	景德镇古窑民俗博览区	29.28	117.19	8517.51	13089.84
		92	赣州市瑞金市共和国摇篮景区	25.89	116.01	7455.55	12958.61
	湖南	123	张家界武陵源—天门山旅游区	29.34	110.53	8050.12	12345.75
		124	衡阳南岳衡山旅游区	27.31	112.70	7638.43	12588.31
		125	湘潭韶山旅游区	27.92	112.53	7799.19	12569.62
		126	岳阳岳阳楼—君山岛景区	29.38	113.09	8248.13	12632.71
		127	长沙岳麓山—橘子洲旅游区	28.19	112.93	7901.06	12614.41
		128	长沙市宁乡县花明楼景区	27.92	112.48	7794.92	12564.06
		129	郴州市东江湖旅游区	25.95	113.27	7295.49	12652.19
	湖北	112	武汉黄鹤楼公园	30.54	114.30	8666.38	12767.69
		113	宜昌三峡大坝旅游区	30.75	111.31	8496.25	12433.66
		114	宜昌三峡人家风景区	30.78	111.16	8493.30	12416.79
		115	十堰丹江口市武当山风景区	32.41	111.02	8931.46	12401.36
		116	恩施土家族苗族自治州巴东神龙溪纤夫文化旅游区	30.27	109.49	8227.54	12230.07
		117	神农架生态旅游区	31.71	110.47	8696.29	12339.11
		118	宜昌长阳县清江画廊景区	30.46	111.14	8404.46	12414.48
		119	武汉市东湖景区	30.57	114.38	8680.26	12776.15
		120	宜昌秭归县屈原故里文化旅游区	30.83	110.97	8491.72	12395.37
		121	武汉市黄陂木兰文化生态旅游区	31.11	114.38	8831.80	12776.70

		122	恩施土家族苗族自治州恩施大峡谷景区	30.43	109.18	8246.97	12195.75
	上海	36	东方明珠广播电视塔	31.24	121.50	9421.73	13571.65
		37	上海野生动物园	31.05	121.72	9383.19	13596.72
		38	上海科技馆	31.22	121.54	9419.30	13575.93
	浙江	58	杭州西湖风景区	30.22	120.13	9011.60	13418.88
		59	温州乐清市雁荡山风景区	28.38	121.12	8531.59	13528.86
		60	舟山普陀山风景区	30.01	122.39	9116.04	13671.27
		61	杭州淳安千岛湖风景区	29.60	119.04	8747.69	13297.23
		62	嘉兴桐乡乌镇古镇旅游区	30.75	120.49	9197.72	13458.67
		63	宁波奉化溪口—滕头旅游景区	29.69	121.29	8938.19	13548.09
		64	金华东阳横店影视城景区	29.15	120.35	8709.41	13443.23
		65	嘉兴南湖旅游区	30.76	120.76	9219.05	13489.07
		66	杭州西溪湿地旅游区	30.26	120.08	9020.00	13412.52
		67	绍兴市鲁迅故里—沈园景区	30.00	120.58	8979.25	13469.35
		68	衢州市开化根宫佛国文化旅游区	29.13	118.39	8561.72	13224.84
		69	湖州市南浔区南浔古镇景区	30.88	120.43	9230.25	13452.14
	江苏	39	苏州园林（拙政园—留园—虎丘）	31.33	120.63	9379.97	13474.63
		40	苏州昆山周庄古镇景区	31.12	120.85	9333.81	13498.52
		41	南京钟山—中山陵风景名胜区(明孝陵—音乐台—灵谷寺—梅花山—紫金山天文台)	32.06	118.85	9457.60	13276.06
		42	中央电视台无锡影视基地三国水浒城景区	31.49	120.24	9397.92	13430.83
		43	无锡灵山大佛景区	31.42	120.10	9367.55	13415.57
		44	苏州吴江同里古镇景区	31.18	120.69	9341.19	13481.49

		45	南京夫子庙—秦淮河风光带(江南贡院-白鹭洲-中华门-瞻园-王谢故居)	32.02	118.79	9442.86	13268.85
		46	常州环球恐龙城景区(中华恐龙园-恐龙谷温泉-恐龙城大剧院)	31.83	120.00	9480.11	13404.42
		47	扬州瘦西湖风景区	32.40	119.43	9605.98	13340.24
		48	南通市濠河风景区	32.02	120.86	9606.33	13499.84
		49	泰州姜堰区溱湖国家湿地公园	32.62	120.08	9722.87	13413.40
		50	苏州市金鸡湖国家商务旅游示范区	31.32	120.71	9385.26	13483.18
		51	镇江三山风景名胜区分区(金山—北固山—焦山)	32.24	119.48	9561.05	13346.46
		52	无锡鼋头渚景区	31.52	120.23	9407.71	13430.21
		53	苏州吴中太湖旅游区(旺山—穹窿山—东山)	31.21	120.56	9339.66	13466.50
		54	苏州常熟沙家浜—虞山尚湖旅游区	31.67	120.72	9489.20	13484.41
		55	常州溧阳市天目湖景区(天目湖-南山竹海-御水温泉)	31.18	119.53	9251.97	13351.97
		56	镇江句容茅山景区	31.78	119.31	9412.25	13326.82
		57	淮安市周恩来故里景区(周恩来纪念馆-周恩来故居-附马巷历史街区-河下古镇)	33.51	119.15	9911.92	13309.50
	安徽	70	黄山市黄山风景区	30.13	118.14	8836.25	13196.48
		71	池州青阳县九华山风景区	30.50	117.81	8919.57	13159.22
		72	安庆潜山县天柱山风景区	30.73	116.46	8883.63	13008.34
		73	黄山市黟县皖南古村落—西递宏村	29.91	117.99	8761.28	13180.14
		74	六安市金寨县天堂寨旅游景区	31.10	115.73	8933.91	12927.71
		75	宣城市绩溪县龙川景区	30.08	118.67	8859.07	13255.34
		76	阜阳市颍上县八里河风景区	32.56	116.30	9399.42	12991.38
		77	黄山市古徽州文化旅游区(徽州古城—牌坊群鲍家花园—唐模—潜口民宅—呈坎)	29.87	118.43	8780.32	13229.27
第4类	福建	78	厦门鼓浪屿风景名胜区分区	24.45	118.06	7165.68	13187.73

		79	南平武夷山风景名胜区	27.69	117.99	8109.15	13179.69
		80	三明泰宁风景旅游区	26.90	117.09	7818.09	13078.60
		81	福建土楼（永定・南靖）旅游景区	24.56	116.90	7125.72	13058.24
		82	宁德屏南（白水洋・鸳鸯溪）旅游景区	27.09	119.12	8008.53	13305.37
		83	泉州市清源山风景名胜区	24.94	118.60	7343.52	13247.92
		84	宁德市福鼎太姥山旅游区	27.06	119.79	8047.35	13380.29
		85	福州市三坊七巷景区	26.09	119.30	7724.48	13325.54
第5类	甘肃	183	嘉峪关文物景区	39.81	98.23	9705.77	10972.21
		184	平凉崆峒山风景名胜区	35.55	106.53	9400.98	11899.02
		185	天水麦积山景区	34.35	106.01	9038.67	11841.41
		186	酒泉市敦煌沙山月牙泉景区	40.10	94.68	9424.00	10575.64
	青海	191	青海湖风景区	36.58	100.80	9151.89	11259.14
		192	西宁市湟中县塔尔寺景区	36.49	101.57	9199.27	11345.01
	宁夏	187	石嘴山平罗县沙湖旅游景区	38.91	106.53	10290.18	11899.83
		188	中卫沙坡头旅游景区	37.47	105.00	9764.76	11728.57
		189	银川镇北堡西部影视城	38.62	106.08	10168.92	11848.92
		190	银川市灵武水洞沟旅游区	38.35	106.42	10130.98	11887.59
第6类	重庆	149	大足石刻景区	29.74	105.79	7811.22	11817.39
		150	巫山小三峡—小小三峡旅游区	31.10	109.89	8482.43	12274.46
		151	武隆喀斯特旅游区（天生三硚、仙女山、芙蓉洞）	29.43	107.80	7874.36	12040.84
		152	酉阳桃花源旅游景区	28.86	108.77	7790.89	12149.19
		153	万盛黑山谷-龙鳞石海风景区	28.87	106.97	7667.13	11949.17

	四川	154	南川金佛山—神龙峡风景区	29.04	107.02	7715.78	11954.76
		155	成都青城山—都江堰旅游景区	31.01	103.61	7973.96	11573.06
		156	乐山峨眉山景区	29.57	103.45	7592.59	11555.57
		157	阿坝藏族羌族自治州九寨沟景区	33.26	103.92	8579.54	11607.81
		158	乐山乐山大佛景区	29.54	103.77	7610.24	11591.38
		159	阿坝藏族羌族自治州松潘县黄龙风景名胜区	32.75	103.82	8439.87	11597.15
		160	绵阳北川羌城旅游区（中国羌城—……—吉娜羌寨）	31.61	104.46	8195.68	11668.40
		161	阿坝藏族羌族自治州汶川特别旅游区（震中映秀—水磨古镇—三江生态旅游区）	30.94	103.41	7941.16	11550.49
		162	南充市阆中古城旅游景区	31.57	105.98	8305.28	11837.95
		163	广安市邓小平故里旅游区	30.53	106.64	8082.53	11911.92
		164	广元市剑门蜀道剑门关旅游景区	32.23	105.58	8446.60	11793.03
	贵州	165	安顺镇宁县黄果树瀑布景区	25.98	105.67	6814.77	11803.11
		166	安顺龙宫景区	26.10	105.89	6859.75	11827.72
		167	毕节市百里杜鹃景区	27.18	105.93	7145.95	11833.02
		168	黔南布依族苗族自治州荔波樟江景区	25.41	107.89	6805.30	12051.08
第7类	广东	130	广州长隆旅游度假区	23.01	113.33	6473.00	12659.09
		131	深圳华侨城旅游度假区	22.54	113.98	6377.27	12731.51
		132	广州白云山景区	23.20	113.29	6523.06	12654.20
		133	梅州市梅县区雁南飞茶田景区	24.39	116.36	7044.39	12998.01
		134	深圳观澜湖休闲旅游区	22.73	114.08	6435.88	12742.54
		135	清远连州地下河旅游景区	25.02	112.32	6975.43	12546.63
		136	韶关仁化丹霞山景区	25.09	113.75	7083.16	12705.81

		137	佛山西樵山景区	22.94	112.97	6431.40	12618.43
		138	惠州市罗浮山景区	23.21	114.10	6573.00	12744.58
		139	佛山市德顺区长鹿旅游休博园	22.89	113.29	6436.25	12654.13
	广西	140	桂林漓江风景区	25.28	110.30	6922.05	12321.15
		141	桂林兴安县乐满地度假世界	25.60	110.67	7031.68	12361.94
		142	桂林独秀峰·靖江王城景区	25.28	110.30	6921.82	12320.53
		143	南宁市青秀山旅游区	22.79	108.39	6130.74	12107.13
	海南	144	三亚南山文化旅游区	18.29	109.21	4958.80	12198.69
		145	三亚南山大小洞天旅游区	18.30	109.18	4960.49	12195.87
		146	保亭县呀诺达雨林文化旅游区	18.46	109.67	5024.58	12250.53
		147	陵水县分界洲岛旅游区	18.59	110.18	5083.14	12306.98
		148	保亭县海南槟榔谷黎苗文化旅游区	18.41	109.66	5010.06	12248.58
第8类	云南	169	昆明石林风景区	24.82	103.33	6365.36	11541.97
		170	丽江玉龙雪山景区	27.10	100.26	6744.07	11199.26
		171	丽江古城景区	26.87	100.24	6686.04	11196.45
		172	大理崇圣寺三塔文化旅游区	25.71	100.15	6390.47	11186.78
		173	中科院西双版纳热带植物园	26.51	103.01	6777.58	11506.07
		174	迪庆藏族自治州香格里拉普达措国家公园	27.80	99.91	6894.46	11159.72
第9类	吉林	27	长白山景区	42.18	128.18	13421.61	14317.52
		28	长春伪满皇宫博物馆	43.91	125.35	13661.06	14001.54
		29	长春净月潭景区	43.78	125.45	13632.91	14013.21
		30	长春市长影世纪城景区	43.77	125.45	13630.66	14012.97

第 10 类	黑龙江	31	哈尔滨太阳岛景区	45.79	126.59	14387.27	14140.34
		32	黑河五大连池景区	48.52	126.21	15199.98	14097.47
		33	牡丹江宁安市镜泊湖景区	43.85	128.91	14033.17	14399.57
		34	伊春市汤旺河林海奇石景区	48.46	129.46	15572.82	14460.57
		35	大兴安岭地区漠河北极村旅游景区	53.46	122.36	16237.02	13667.20
	辽宁	23	沈阳植物园	41.86	123.64	12846.76	13811.04
		24	大连老虎滩海洋公园—老虎滩极地馆	38.88	121.68	11742.34	13591.42
		25	大连金石滩景区(地质公园-发现王国-蜡像馆-文化博览广场)	39.01	121.72	11787.41	13595.84
		26	本溪市本溪水洞景区	41.29	124.05	12713.56	13856.56
	西藏	175	拉萨布达拉宫景区	29.66	91.12	6707.49	10178.02
		176	拉萨大昭寺景区	29.66	91.13	6709.37	10179.58
	新疆	193	昌吉州阜康市天山天池风景名胜區	43.91	88.11	9602.44	9841.92
		194	吐鲁番葡萄沟风景区	42.97	89.22	9516.58	9965.86
		195	阿勒泰地区布尔津县喀纳斯景区	48.82	87.04	10547.20	9722.29
		196	伊犁地区新源县那拉提旅游风景区	43.29	84.32	9059.58	9418.09
		197	阿勒泰地区富蕴县可可托海景区	47.21	89.85	10529.32	10036.57
		198	喀什地区泽普县金胡杨景区	38.05	76.97	7269.93	8597.88
		199	乌鲁木齐天山大峡谷	43.43	87.38	9419.77	9760.04
		200	巴音郭楞蒙古自治州博湖县博斯腾湖景区	41.93	86.73	9027.77	9687.90
		201	喀什地区噶尔老城景区	39.48	75.99	7446.78	8488.52

附录二：

1. 文件清单:

文件名	说明
Dijkstra.cpp	Dijkstra 算法来求最短路径
Basic_order_tourism_xian.cpp	简单的省份类游览顺序选择算法（常住地为西安）
Advanced_order_tourism_xian.cpp	改进的省份类游览顺序选择算法（常住地为西安）
Advanced_order_tourism_beijing.cpp	改进的省份类游览顺序选择算法（常住地为北京）

2. 多目标线性规划求解说明:

在使用最大最小法对多目标线性规划求解时，只要先写好 myfun.m 文件，然后就可以通过输入以下数据来求解：

```
>> b=[];%这里输入约束值向量
>> x0=[1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1;1];
>> lb=[0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0];
>> A=[];%这里输入约束方程组的系数矩阵
>> [x,fval]=fminimax('myfun',x0,A,b,[],[],lb,[])
```

例如问题二中的 myfun.m 文件中的内容为（详细系数请见附录一表 5-2）：

$$\begin{aligned} f(1) &= 1100x(1) + 0x(2) + 3240x(3) + 1750x(4) + 0x(5) + 4500x(6) + \dots + 2540x(70) + 0x(71) + 6600x(72); \\ f(2) &= 733.33x(1) + 0x(2) + 90x(3) + 1166.67x(4) + 0x(5) + 1500x(6) + \dots + 1693.33x(70) + 0x(71) + 195x(72); \\ f(3) &= -0.6668x(1) - 0x(2) - 0.7258x(3) - 0.6634x(4) - 0x(5) - 0.7862x(6) - \dots - 0.5073x(70) - 0x(71) - 0.6156x(72); \end{aligned}$$

例如问题三中的 myfun.m 文件中的内容为（详细系数请见附录一表 6-2）：

$$\begin{aligned} f(1) &= 140x(1) + 163.5x(2) + 0x(3) + 700x(4) + 618x(5) + 4410x(6) + \dots + 140x(70) + 163.5x(71) + 0x(72); \\ f(2) &= 93.33x(1) + 40x(2) + 0x(3) + 466.67x(4) + 300x(5) + 90x(6) + \dots + 93.33x(70) + 40x(71) + 0x(72); \\ f(3) &= -0.7254x(1) - 0.7308x(2) - 0x(3) - 0.4873x(4) - 0.4979x(5) - 0.5118x(6) - \dots - 0.4834x(70) - 0x(71) - 0.6116x(72); \end{aligned}$$